

中华人民共和国国家标准

灌溉与排水工程设计标准

GB 50288-2018

条文说明

编制说明

《灌溉与排水工程设计标准》GB 50288—2018,经住房城乡建设部 2018 年 3 月 16 日以第 32 号公告批准发布。

本标准是在《灌溉与排水工程设计规范》GB 50288—1999 的基础上修订而成,上一版的主编单位是水利部农田灌溉研究所、华北水利水电学院北京研究生部和水利部水利水电规划设计总院,参编单位是江苏省水利勘测设计研究院、陕西省水利电力勘测设计研究院、山东省水利勘测设计院、中国水利水电科学研究院、武汉水利电力大学、西北农业大学和陕西省水利厅,主要起草人是余开德、窦以松、司志明、陈登毅、高启仁、茆智、翟兴业、袁可法、丁夫庆、朱凤书、魏永曜、黄林泉、董冠群、朱树人、刘清奎、林世皋、李占柱、廖永诚、王兰桂和仲伯俊。

本标准修订过程中,编制组在广泛征求意见的基础上,总结了我国近年灌溉与排水工程设计及管理的实践经验,同时参考了国内外现行的技术法规和标准,并通过灌区运行管理中的成熟经验等取得了一系列重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《灌溉与排水工程设计标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	(205)
3	工程等级与设计标准	(207)
3.1	工程等级划分	(207)
3.2	灌溉标准	(209)
3.3	排水标准	(210)
3.4	灌排水质标准	(220)
4	总体设计	(221)
4.1	一般规定	(221)
4.2	总体布置	(223)
5	水源工程	(226)
5.2	蓄水枢纽	(226)
5.3	引水枢纽	(227)
5.4	泵站	(230)
5.5	机井	(231)
6	灌溉渠(管)道	(232)
6.2	渠系总体布置	(232)
6.3	渠道水力计算	(233)
6.4	渠道纵横断面设计	(234)
6.5	渠道衬砌与抗冻胀设计	(238)
6.7	灌溉输水管道	(238)
7	排水沟(管)道	(240)
7.1	一般规定	(240)
7.2	明沟排水	(241)
7.3	暗管排水	(247)

7.4	井排水	(252)
8	渠系建筑物基本规定	(253)
8.1	一般规定	(253)
8.2	总体布置原则	(253)
8.3	结构设计计算基本规定	(254)
8.4	地基处理原则	(255)
9	渡 槽	(256)
9.2	总体布置	(256)
9.3	结构形式和构造	(257)
9.4	水力设计	(260)
9.5	结构设计	(262)
9.6	地基与基础	(263)
10	倒虹吸	(265)
10.2	总体布置	(265)
10.3	水力设计	(269)
10.4	结构设计	(278)
10.5	细部结构设计	(283)
11	涵 洞	(285)
11.1	一般规定	(285)
11.2	总体布置	(285)
11.3	水力设计	(287)
12	跌水与陡坡	(289)
12.1	一般规定	(289)
12.2	总体布置	(290)
12.3	水力设计	(294)
12.4	结构设计	(295)
13	排洪建筑物	(296)
13.1	一般规定	(296)
13.2	总体布置	(297)

14	水 闸	(301)
14.1	一般规定	(301)
14.2	总体布置	(301)
15	隧 洞	(305)
15.1	一般规定	(305)
15.2	总体布置	(305)
16	农 桥	(307)
16.1	一般规定	(307)
16.2	总体布置	(308)
16.3	农桥荷载标准	(309)
17	田间工程	(310)
17.1	一般规定	(310)
17.3	灌水沟畦与格田	(310)
17.4	低压管道输水灌溉	(312)
17.5	喷灌	(312)
17.6	微灌	(315)
17.7	田间渠道与排水沟	(315)
17.8	田间道路与林带	(316)
18	监 测	(318)
18.2	工程安全监测	(318)
18.3	水量、水质监测	(318)
18.4	环境监测	(318)
18.5	水土保持监测	(319)
19	灌区信息化	(320)
19.1	一般规定	(320)
19.2	监测及控制	(320)
19.3	通信通道	(321)
19.4	信息平台建设	(321)
19.5	办公自动化及语音通信	(321)

19.6	设备用房及功能房间设置	(322)
20	管理设施	(323)
20.1	一般规定	(323)
20.2	交通设施	(323)
20.3	维护设施	(324)
20.4	安全设施	(324)
20.5	试验站设施	(324)
20.6	生产管理设施	(325)

1 总 则

1.0.1 1999年颁布的《灌溉与排水工程设计规范》GB 50288—1999,在统一我国灌溉与排水工程设计标准、满足农田灌排工程设计中发挥了重要作用。经过十多年的使用,随着国民经济的不断发展和国家相应行业标准的修编,原规范涵盖范围需要进一步延伸和调整。本次修编除保留了原规范与灌溉排水工程技术发展相适应的主要部分。根据水利部有关要求,将《灌溉与排水渠系建筑物设计规范》的主要内容并入本标准。

1.0.3 基本资料是进行灌区工程设计的基础,均应经过有关部门的审查或鉴定以后才能使用,主要包括:

(1)地形资料。

比例尺为1/10000~1/100000的地形图;比例尺为1/1000~1/5000的典型地块地形图;比例尺为1/1000~1/2000有特殊要求的带状地形图等;比例尺为1/200~1/1000的局部地形图。

(2)水文气象资料:包括降水(含暴雨)、蒸发、湿度、气温、风力、风向、日照、霜期、冰冻期、冻土深度,以及天然河沟、水库、承泄区的水文、泥沙、水质、水温等。

(3)工程地质与水文地质资料:包括干渠、支渠或干沟、支沟沿线和重要建筑物位置的工程地质勘探资料,以及灌区地下水层特征,潜水动态、流向、埋深、补给与排泄条件和可开采量等。

(4)土壤资料:

土壤物理性质,如土壤类型、质地、结构、分布状况、容重、比重、孔隙率等;

土壤化学性质,如含盐量、盐分组成、pH值,以及氮、磷、钾和有机质含量等;

土壤水分特性,如饱和含水量、渗透系数、渗吸速度、给水度、田间持水量、毛管水上升高度等。

(5)作物灌溉排水资料:包括需水量,灌溉方法,耐渍、耐淹、耐盐能力,排涝、防渍、防盐碱要求等。

(6)建筑材料资料:包括各种材料的来源、储量、运输方式、运距、单价等。

(7)水利工程现状资料:包括已有灌溉、排水、防洪等工程设施,当地地表水和地下水资源利用现状,以及渠道防渗、防冻胀状况等。

(8)自然灾害资料:包括历年发生旱、涝、渍、盐碱等自然灾害的范围、面积、成因及损失等。

(9)社会经济发展状况资料:包括行政区划、人口、农业人口、农业劳动力、土地面积(山、川、丘陵、平原)、耕地面积(水田、水浇地、旱地)、作物组成、耕作制度、机械化发展水平、单产、总产、农业成本、农业纯收益、人均收入等,以及农业、林业、牧业、副业、渔业、工业、交通、能源、环境保护等方面的发展现状与规划资料等。

(10)水资源评价成果。

1.0.4 新技术、新工艺、新材料的推广使用,应通过一定的工程实践或必要的科学试验,并经过国家有关部门或权威机构的鉴定认证,结合灌区特点做到成熟可靠、经济适用、节省资源。

1.0.6 为满足灌溉与排水工程抗震设计要求,减轻地震破坏及防止次生灾害,本次修订增加了建筑物抗震设计的相关规定。

3 工程等级与设计标准

本次修订本应对灌区规模划分做出规定,但由于目前国家计划设计部门与国家统计、管理部门所采用的划分指标不尽相同,故暂不作规定,可参照国家相关标准执行。

3.1 工程等级划分

3.1.2 引水枢纽工程等级是保证引水枢纽工程安全的重要指标,设计流量是直接反映引水枢纽工程规模的指标值。因此引水枢纽工程应根据设计流量的大小进行分等。本标准表 3.1.2 所列引水枢纽工程分等指标值是根据河北、山西、内蒙古、辽宁、黑龙江、山东、安徽、新疆、四川等 9 省区提供的 93 座已建引水枢纽工程设计资料经统计概化出来的。按本标准表 3.1.2 所列引水枢纽工程分等指标和本标准表 3.1.4 规定的级别划分方法,重新划定 93 座已建引水枢纽工程的等级,并与原设计采用的等级相比较,符合率达 60.2%。同时,本标准表 3.1.2 所列引水枢纽工程分等指标值与本标准表 3.1.3 中按单站装机流量规定的提水枢纽分等指标值是一致的,即当引水枢纽工程的设计流量与提水枢纽工程的单站装机流量相同时,前者与后者的工程等级是相同的。

与拦河闸联合布置的引水枢纽工程等级划分应根据过闸流量确定。

3.1.3 提水枢纽工程等级是保证提水枢纽工程安全的重要指标,泵站装机流量或装机功率是直接反映工程规模的两项主要指标。因此,提水枢纽工程应根据泵站的装机流量和装机功率的大小进行分等。低扬程提水枢纽工程一般按泵站装机流量的大小分等,高扬程提水枢纽工程一般按泵站装机功率的大小分等。由于泵站

设计取用的防洪或挡潮标准挡水部位顶部安全超高值和各种安全系数允许值,一般只与单个泵站的设计级别和运用条件有关,故作为提水枢纽工程分等指标的装机流量或装机功率应为单站装机流量或单站装机功率。本标准表 3.1.3 所列提水枢纽工程分等指标值与现行国家标准《泵站设计规范》GB 50265 中泵站工程分等指标值是一致的。

3.1.5 灌溉渠道与排水沟道级别是保证渠、沟工程安全的重要指标。灌溉或排水流量是直接反映灌排渠沟建筑物规模的指标值。因此,灌溉渠道和排水沟应分别按灌溉设计流量或排水设计流量的大小进行分级。由于灌排渠沟的重要性较低于渠首引水枢纽工程,且多属土石方工程,遭受损坏后又较易修复,因此,本标准表 3.1.5 所列灌排渠沟分级指标值比相应等级的引水枢纽工程分等指标值大。

3.1.6 灌溉与排水渠系建筑物级别是保证建筑物安全的重要指标,设计流量是直接反映渠系建筑物规模的主要指标值。因此渠系建筑物应根据设计流量的大小进行分级。由于渠系建筑物分布在灌区内部,其重要性一般均低于渠首引水枢纽工程,但与灌排渠沟工程的重要性是相同的,因此本标准表 3.1.6 所列渠系建筑物分级指标值亦比相应等级的引水枢纽工程分等指标值大。

3.1.7 与铁路或公路交叉布置的渠系建筑物级别是保证建筑物安全的重要指标。渠系建筑物与铁路或公路工程分级指标的形式、内容互不相同,二者从指标值上难以比较,本条强调应按相交工程中最重要工程的工程级别和特殊要求为准的原则确定。

3.1.8 堤防上修建的渠系建筑物级别是保证建筑物安全的重要指标。堤防工程级别按现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286 的规定确定。堤防上修建的渠系建筑物与堤防同时起挡水作用,不能因渠系建筑物失事导致堤防破坏而造成损失,故规定渠系建筑物级别不应低于堤防工程的级别。

3.1.9 联合布置渠系建筑物,只有按其中的最高级别确定其工程

级别才能有效地保证共同安全。对于多用途的渠系建筑物,则应按不同行业规定的级别最高者确定。

3.1.10 “高填方”一般是指堤坡高度在 15m 以上的填方,“大跨度”一般是指 40m 以上的跨度,“高排架”一般是指高度在 30m 以上的排架,“高水头”一般是指 50m 以上的水头,“大落差”一般是指 10m 以上的落差。

3.2 灌溉标准

3.2.1、3.2.2 长期以来,我国灌溉工程均采用灌溉设计保证率进行设计,积累了较丰富的经验,故本标准仍推荐使用。本标准表 3.2.2 所列灌溉设计保证率,是根据我国灌溉工程实践经验,参照我国已颁布的有关设计规范、手册等拟定的。

对于西北内陆干旱地区,灌溉设计保证率宜选用较大值;对于设施农业的灌溉保证率也宜选用较大值;对于引洪淤灌系统的灌溉设计保证率可取 30%~50%。

本次修订结合现行行业标准《牧区草地灌溉与排水技术规范》SL 334,增加了牧草和林地的灌溉保证率。

3.2.5 根据节水灌溉要求,本次修订结合现行国家标准《节水灌溉工程技术规范》GB/T 50363 增加了灌溉水利用系数的规定。

3.2.6 渠系水利用系数可用各级渠道的渠道水利用系数连乘求得。渠道水利用系数的计算无实测资料时,原规范采用公式(1)计算,即:

$$\eta_0 = 1 - \sigma L \quad (1)$$

本次修订由 99 版规范式(3.1.9-1)推导复核,该公式应为:

$$\eta_0 = \frac{Q_{dj}}{Q_d} = \frac{Q_{dj}}{Q_{dj} + Q_{dj}\sigma L} = \frac{1}{1 + \sigma L} \quad (2)$$

3.2.8 渠系水利用系数是反映灌区各级渠道的运行状况和管理水平的综合性指标。根据以往调查结果,20000hm²以上自流灌区未衬砌渠道的渠系水利用系数一般在 0.55 左右,而衬砌渠道的渠

系水利用系数大于此值;20000hm²以下自流灌区的渠系水利用系数一般都在0.65以上,提水灌区的渠系水利用系数一般在0.68~0.88之间。本标准表3.2.8所规定的渠系水利用系数反映了全国各类灌区的平均水平。随着国家经济社会的发展和节水改造工程的实施,渠系水利用系数数值还将逐步提高,故表中数值为设计采用的下限值。

3.3 排水标准

3.3.1~3.3.3 设计排涝标准一般有三种表达方式:

(1)以排水区发生一定重现期的暴雨,农作物不受涝作为设计排涝标准。当实际发生的暴雨不超过设计暴雨时,农田的淹水深度和淹水历时不应超过农作物正常生长所允许的耐淹水深和耐淹历时。这种表达方式在概念上能较全面地反映出排水区设计排涝标准的有关因素。

(2)以排水区农作物不受涝的保证率作为设计排涝标准。农作物不受涝的保证率亦称经验保证率,是指排涝工程实施后农作物能正常生长的年数与全系列总年数之比。实际应用时,先假定不同的排水工程规模,分别进行全系列的排涝演算,求出相应条件下农作物能正常生长的经验保证率,然后选择经验保证率与排涝设计保证率相一致的排涝工程规模,作为设计采用值。

(3)以某一定量暴雨或涝灾严重的典型年作为排涝设计标准。选择定量暴雨或典型年时需进行频率分析。

目前我国对设计排涝标准没有统一规定,本标准采用目前使用最普遍的第一种表达方式。

设计排涝标准中的暴雨重现期,应根据排水区的自然条件、雨涝成灾的灾害轻重程度及其影响大小等因素,经技术经济论证确定。设计排涝标准定得过高,则工程规模过大,投资增多,工程设施利用率降低,造成经济上的浪费,而且经济效益未必明显增加;反之,设计排涝标准定得过低,则工程规模过小,投资减少,又未必

能取得应有的经济效益。根据各地区的排涝经验,本标准规定设计暴雨重现期可采用 5a~10a 是符合我国大部分地区的自然条件 and 生产发展水平的。目前我国各地区采用的设计暴雨重现期见表 1,从表 1 中可知,上海郊县(区)、江苏水网圩区设计暴雨重现期已达 10a 以上,而河南安阳、信阳地区设计暴雨重现期只有 3a~10a。因此本标准做了有特殊要求的地区,可适当提高标准。

设计排涝标准除应规定一定重现期的设计暴雨外,还应规定暴雨历时和排除时间。根据华北平原地区实测资料分析,排水面积为 100km²~500km² 的排水区,洪峰流量主要由 1d 暴雨形成;而排水面积为 500km²~5000km² 的排水区,洪峰流量一般由 3d 暴雨形成。又据黑龙江省三江平原地区实测资料,在近 1000km² 的耕地上,以暴雨历时与农作物减产率的相关性进行分析,年最大 3d 暴雨关系最密切,最大 1d 暴雨次之。因此本标准规定设计暴雨历时一般采用 1d~3d 是适宜的。我国各地区目前采用的设计暴雨历时见表 1。

涝水排除时间应根据农作物的种类及耐淹水深和耐淹历时确定,并应因地制宜,综合分析后慎重确定。我国各地区目前采用的涝水排除时间见表 1。

表 1 各地区设计排涝标准

地 区	设计暴雨 重现期(a)	设计暴雨历时和排除时间
上海郊县(区)	10~20	1d 暴雨(200mm), 1d~2d 排出(蔬菜:当日暴雨当日排出)
江苏水网圩区	10 以上	1d 暴雨(200mm~250mm), 雨后 2d 排出
天津郊县(区)	10	1d 暴雨(130mm~160mm), 2d 排出
浙江杭嘉湖地区	10	1d 暴雨, 2d 排出; 3d 暴雨(276mm), 4d 排至作物耐淹深度
湖北平原地区	10	1d 暴雨(190mm~210mm), 3d 排至作物耐淹深度

续表 1

地 区	设计暴雨 重现期(a)	设计暴雨历时和排除时间
湖南洞庭湖地区	10	3d 暴雨(200mm~280mm), 3d 排至作物耐淹深度
广东珠江三角洲	10	1d 暴雨, 4d 排至作物耐淹深度
广西平原区	10	1d 暴雨, 3d 排至作物耐淹深度
陕西东方红抽水灌区	10	1d 暴雨, 1d 排出
辽宁中部平原区	5~10	3d 暴雨(150mm~220mm), 3d 排至作物耐淹深度
吉林丰满以下 第二松花江流域	5~10	1d 暴雨(118mm), 1d~2d 排出
黑龙江三江平原	5~10	1d 暴雨, 2d 排出
安徽巢湖、芜湖、 安庆地区	5~10	3d 暴雨(190mm~260mm), 3d 排至作物耐淹深度
福建闽江、九龙江 下游地区	5~10	3d 暴雨, 3d 排至作物耐淹深度
江西鄱阳湖地区	5~10	3d 暴雨, 3d~5d 排至作物耐淹深度
河北白洋淀地区	5	1d 暴雨(114mm), 3d 排出
河南安阳、信阳地区	3~10	3d 暴雨(140mm~175mm), 旱作区雨后 1d~2d 排出

根据已有实验资料的分析结果,本标准规定旱作区涝水排除时间一般可采用从作物受淹起 1d~3d 排至田面无积水,水稻区涝水排除时间一般可采用 3d~5d 排至耐淹水深是适宜的。

农作物的耐淹水深和耐淹历时因农作物种类、生育阶段、土壤性质、气候条件等不同而变化,是一个动态指数。鉴于我国目

前还没有系统的农作物耐淹试验资料可供应用,因此各种农作物的耐淹水深和耐淹历时应根据各地实际调查和科学试验资料分析确定。不同农作物的耐淹能力是不同的,如小麦、棉花的耐淹能力较差,通常在地面积水 10cm 的情况下,受淹 1d 就会减产,受淹 5d~7d 以上就会死亡;而玉米、春谷、高粱的耐淹能力则相对较强。同一种农作物的不同生育阶段,其耐淹能力也是不同的。在一般情况下,幼苗期的耐淹能力总是比成熟期差。此外,生长在黏性土壤中和在气温较高时,耐淹历时较短;生长在砂性土壤中和在气温较低时,耐淹历时较长。本标准表 3.3.3 所列几种主要农作物的耐淹水深和耐淹历时,仅供无试验或调查资料时选用。

3.3.4 目前计算设计排涝模数的常用方法有两种:

(1)经验公式法。这种计算方法适用于集水面积较大的排水沟和河道排涝设计,一般多根据集水面积大于 50km² 的河道水文测站实测暴雨径流资料,经统计分析求出平原区排涝模数经验公式 $q=KR^m A^n$ 中的待定参数 K 、 m 、 n 。目前平原区多采用这一计算方法,以确定较大集水面积且无调蓄容积条件下的设计排涝流量。 K 、 m 、 n 值应根据各地区具体情况,经实地测验分析确定。我国部分地区根据实测暴雨径流资料经统计分析求出的 K 、 m 、 n 值列于表 2 可供无实测资料时选用。

表 2 我国部分地区参数 K 、 m 、 n 值

地 区		适用范围 (km ²)	K	m	n	设计暴雨 历时(d)
辽宁中部平原区		>50	0.0127	0.93	-0.176	3
河 北 省	平原区	30~1000	0.0400	0.92	-0.330	3
	黑龙港地区	200~1500	0.0320	0.92	-0.250	3
		>1500	0.0580	0.92	-0.330	3

续表 2

地 区		适用范围 (km ²)	K	m	n	设计暴雨 历时(d)	
山西省太原地区		—	0.0310	0.82	-0.250	—	
山 东 省	鲁北地区	—	0.0340	1.00	-0.250	—	
	沂沭泗 地区	邳苍地区	100~500	0.0310	1.00	-0.250	1
		湖西地区	2000~7000	0.0310	1.00	-0.250	3
河南省豫东、 沙颍河平原区		—	0.0300	1.00	-0.250	1	
安徽省淮北平原区		500~5000	0.0260	1.00	-0.250	3	
江苏省苏北平原区		10~100	0.0256	1.00	-0.180	3	
		100~600	0.0335	1.00	-0.240	3	
		600~6000	0.0490	1.00	-0.300	3	
湖北省平原湖区		≤500	0.0135	1.00	-0.200	3	
		>500	0.0170	1.00	-0.238	3	

(2)平均排除法。这种计算方法只适用于集水面积较小的排水沟排涝设计,而对于集水面积较大的河道排涝设计是不宜采用的。

平原区:集水面积在 10km²以下的田间排水沟,其设计排涝模数的推求与集水面积较大的骨干排水河道不同,不考虑地面径流汇流后所形成的洪峰大小和洪水流量过程线的形状,而且允许地面径流在短时间内漫出沟槽,因此不必采用设计暴雨情况下产生的最大流量计算,而是按照排涝面积上的径流深,在规定的排涝历时内采用平均排除加以确定。如旱地排涝模数计算公式和水田排涝模数计算公式见本标准附录 A。旱地和水田的排涝历时 T —

般可分别取旱作物和水稻的耐淹历时。水田滞蓄水深 h_1 与设计暴雨发生时间、水稻类别、品种、生长期以及耐淹历时有关,可根据当地试验或调查资料确定;无资料时也可按 $h_1 = h_m - h_0$ 推求, h_m 和 h_0 分别为水稻的耐淹水深和适宜水深。江苏省苏北、苏南地区和安徽省巢湖地区水稻适宜水深和耐淹水深分别见表 3 和表 4,可供参考。水田日蒸发量 ET_3 一般可取 $3\text{mm/d} \sim 5\text{mm/d}$, 日渗漏量 F 一般可取 $2\text{mm/d} \sim 8\text{mm/d}$, 黏性土取较小值, 砂性土取较大值。

表 3 江苏省苏北、苏南地区水稻适宜水深及耐淹水深

地区	生育阶段	返青、 分蘖 (初期)	分蘖 (盛期)	拔节	孕穗	抽穗	乳熟、 黄熟
苏北	早熟中稻生 长期(日期)	5.31~ 6.15	6.16~ 7.50	7.9~ 7.25	7.26~ 8.50	8.60~ 8.10	8.11~ 9.60
	迟熟中稻生 长期(日期)	5.28~ 6.19	6.20~ 7.10	7.14~ 7.31	8.10~ 8.12	8.13~ 8.19	8.20~ 10.40
	早熟、迟熟 中稻适宜 水深(mm)	30~40	30~50	30~50	30~50	30~50	干干湿湿
	早熟、迟 熟中稻不 同淹水天 数时耐淹 水深 (mm)	1d 70~80	190~200	320	350	350	—
	2d 60~70	160~190	300	320	320	—	
	3d 40~60	140~160	250	270	270	—	

续表 3

地区	生育阶段	返青、 分蘖 (初期)	分蘖 (盛期)	拔节	孕穗	抽穗	乳熟、 黄熟	
苏 南	单季晚稻生 长期(日期)	6.24~ 7.19	7.20~ 7.30	8.3~ 8.25	8.26~ 9.60	9.70~ 9.13	9.14~ 10.20	
	双季晚稻生 长期(日期)	7.27~ 8.20	8.21~ 8.27	8.31~ 9.60	9.7~ 9.18	9.19~ 9.23	9.24~ 11.10	
	单季、双季 晚稻适宜 水深(mm)	20~40	20~45	20~45	30~50	30~50	干干湿湿	
	单季、双 季晚稻不 同淹水天 数时耐淹 水深 (mm)	1d	70~80	180~200	250	260	260	—
		2d	60~70	160~180	220	230	230	—
		3d	40~60	140~160	190	200	200	—
	双季早稻生 长期(日期)	4.25~ 5.12	5.13~ 5.31	6.40~ 6.15	6.16~ 6.25	6.26~ 7.10	7.20~ 7.25	
	双季早稻适宜 水深(mm)	20~30	20~45	20~45	30~50	30~50	干干湿湿	
	双季早稻 不同淹水 天数时耐 淹水深 (mm)	1d	60~70	150~180	250	260	260	—
		2d	50~60	140~150	220	230	230	—
		3d	40~50	120~140	190	200	200	—

注:分蘖期与拔节期之间放水烤田。

表 4 安徽省巢湖地区水稻适宜水深及耐淹水深

生育阶段	返青、 分蘖 (初期)	分蘖 (盛期)	拔节	孕穗	抽穗	乳熟	成熟
单季晚稻 生长期 (日期)	6.11~ 7.70	7.11~ 7.28	8.10~ 8.15	8.16~ 8.31	9.10~ 9.15	9.16~10.31	
双季晚稻 生长期 (日期)	7.21~ 8.10	8.14~ 8.28	9.10~ 9.15	9.16~ 9.25	9.26~ 10.5	10.6~10.31	
单季晚稻 适宜水深 (mm)	20~50	20~80	20~80	20~80	20~80	20~80	—
双季晚稻 适宜水深 (mm)	20~50	20~60	20~60	20~80	20~80	20~80	—
单季晚 稻、双 季晚稻 不同淹 水天数 时耐淹 水深 (mm)	3d	70~80	160~175	190	210	260	—
	5d	60~70	140~160	175	190	230	—
	7d	50~60	120~140	160	170	200	—
双季早稻 生长期 (日期)	5.10~ 5.20	5.24~ 6.70	6.11~ 6.17	6.18~ 6.24	6.25~ 7.10	7.20~ 7.90	7.10~ 7.20
双季早稻 适宜水深 (mm)	20~50	20~80	20~80	20~80	20~80	20~60	落干

续表 4

生育阶段		返青、 分蘖 (初期)	分蘖 (盛期)	拔节	孕穗	抽穗	乳熟	成熟
双季早 稻不同 淹水天 数时耐 淹水深 (mm)	3d	50~60	140~155	170	190	240	—	—
	5d	40~50	120~140	155	170	210	—	—
	7d	30~40	100~120	140	150	180	—	—

注:分蘖初期与分蘖盛期之间、分蘖盛期与拔节期之间两次放水烤田。

圩区:一般集水面积较小(特别是小圩区),可采用平均排除法计算确定设计排涝模数。由于圩区排水情况比较复杂,特别是圩区内的河网、沟塘均具有一定的调蓄能力,有的还与湖泊、洼地相连接,更可作为排水承泄区;加之既有内河与外河之分,又有自排与提排之别,因此必须根据圩区的具体情况,分别计算确定设计排涝模数。如圩区内无较大承泄区,其设计排涝模数计算公式见本标准附录 A 式(A. 0. 2-4),圩区内有较大承泄区时的设计排涝模数计算公式分别见本标准附录 A 式(A. 0. 2-5)和式(A. 0. 2-6)。

3.3.5~3.3.7 农作物设计排渍深度是指控制农作物不受渍害的农田地下水排降深度。农作物的耐渍深度是指农作物在不同生育阶段要求保持一定的地下水适宜埋藏深度。当地下水位经常维持在农作物的耐渍深度时,则农作物不受渍害。

各种农作物的耐渍深度和耐渍时间应根据当地或邻近地区作物种植经验的实地调查或试验资料,并考虑到一些动态因素的影响分析确定。鉴于我国目前还没有系统的农作物耐渍试验资料,表 5 列出的几种主要农作物排渍标准,可供无试验或调查资料时参考选用。

表 5 几种主要农作物的排渍标准

农作物	生育阶段	设计排渍深度(m)	耐渍深度(m)	耐渍时间(d)
棉花	开花、结铃	1.0~1.3	0.4~0.5	3~4
玉米	抽穗、灌浆	1.0~1.2	0.4~0.5	3~4
甘薯	生长前期、后期	0.9~1.1	0.5~0.6	7~8
小麦	生长前期、后期	0.8~1.1	0.5~0.6	3~4
大豆	开花	0.8~1.0	0.3~0.4	10~12
高粱	开花	0.8~1.0	0.3~0.4	12~15
水稻	晒田	0.4~0.6	—	—

目前我国各地区对水稻田做了一些适宜日渗漏量的试验研究,但成果差别很大,尚需进一步探求符合节水、高产原则的适宜标准。本标准规定的水稻田适宜日渗漏量取值范围,仅供排水工程设计时参考选用。

为了便于农业机械在田间适时、高效地进行作业,应根据各地区农业机械耕作的具体要求,以保持适宜的地下水埋深作为确定设计排渍深度的依据。根据河北省芦台农场的种植经验,机耕、机收时要求地下水最小埋深一般为 0.7m~0.8m;黑龙江省查哈阳农场采用重型拖拉机带动联合收割机下田时,要求地下水最小埋深一般为 0.9m~1.0m;辽宁省盘锦地区采用机耕时,要求地下水最小埋深一般为 0.7m~1.0m;江苏省农田采用机耕时,要求地下水最小埋深一般为 0.6m~1.0m。又据国外有关资料,为满足履带式拖拉机下田要求的地下水最小埋深一般为 0.4m~0.5m,为满足轮式拖拉机机耕要求的地下水最小埋深一般为 0.5m~0.6m。因此根据我国当前农业机械实际使用的情况,本标准规定适于使用农业机械作业的设计排渍深度一般可采用 0.6m~0.8m。

3.3.9 改良盐碱土和防治土壤次生盐碱化的地区,应采取水利、农业、化学、生物等方面的综合性措施。地下水位临界深度是指为了保证不致引起耕作层土壤盐碱化所要求保持的地下水最小埋藏

深度。控制地下水位的临界深度主要与当地土壤性质、地下水矿化度等因素有关。

3.4 灌排水质标准

3.4.2 灌溉水温对农作物(特别是水稻)的正常生长有很大影响。试验资料证明,当灌溉水温高于农田地温 10°C 以上时,一些农作物因骤然受热影响生育而减产;当灌溉水温低于农田地温 10°C 以下时,一些农作物因猛然受冷而减产。水稻的正常生长不仅要求灌溉水温与稻田地温的差值不能超过 10°C ,而且还要求灌溉水温在 $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$,最高不应超过 38°C ,最低不应低于 12°C 。

4 总体设计

4.1 一般规定

4.1.1 近年来,我国大力加强水资源管理,目前全国年供水能力超过 7000 亿 m^3 ,2010 年万元工业增加值用水量比 2005 年下降 36.1%,2011 年农田灌溉水利用系数达 0.51。国务院批复的《全国水资源综合规划(2010—2030 年)》提出到 2030 年全国用水量总量控制在 7000 亿 m^3 以内;用水效率达到或接近世界先进水平,万元工业增加值用水量降低到 40m^3 以下,农田灌溉水利用系数提高到 0.6 以上;主要污染物入河湖总量控制在水功能区纳污能力范围之内,水功能区水质达标率提高到 95% 以上作为水资源管理目标“三条红线”的控制指标。

4.1.3 灌区划分不同类型的灌排分区和土壤改良分区,目的主要是为了分区制定合理的灌溉制度、灌溉用水量、灌排渠系布置及土壤改良措施。

4.1.4 一般来说,提水灌区分区、分级越多,各级提水设备的功率越小,耗用电费(或燃料费)也就越少;但泵站座数及管理人员增多,工程投资和管理费用增加,同时也增加上、下级泵站用水协调的复杂性,因此,进行技术经济论证是必要的。

4.1.5、4.1.6 这两条规定了灌区总体设计的主要内容,不同设计阶段的设计深度有所不同。

可行性研究阶段的灌区总体设计,要求初选灌区范围、灌排方式、灌排分区、土地利用及产业结构、灌溉面积、作物组成、轮作制度和复种指数等;调查灌区内城乡生产、生活供水设施现状,分析现状供水能力;确定设计水平年,分析论证水源不同水平年的可供水量;确定灌溉、排水及供水设计标准,预测不同水平年灌区经济

社会发展指标、工农业生产生活用水定额和需水量,分析作物耗水量、灌溉定额,分析不同水平年的灌溉制度和灌溉需水量;基本选定灌溉水利用系数,提出灌区年供水量和年内分配,进行灌区水量供需平衡分析,基本选定灌区水土资源配置方案;选定灌区总体布局、主要建设内容和分期实施方案;基本选定水源工程、灌排渠系工程的规模、布置和主要设计参数;基本确定典型区田间工程布置,初拟监测、信息化、管理设施设计方案和建设内容。

初步设计阶段的灌区总体设计,要求论述灌溉供水水源条件,复核不同水平年的地表径流过程及年内分配情况,复核灌区地下水(含灌溉回归水)资源总量、补给量及可开采量,对多泥沙河流论述河流泥沙冲淤条件及其对灌溉供水水源的影响;论证土地分类评价和水土资源的条件,确定灌区土地利用规划,农、林、牧业产业结构,作物组成,轮作制度和复种指数等;进一步分析论证灌区可能产生旱、涝、渍、碱的原因,复核灌区灌溉、排水、供水范围及灌排面积和城乡供水对象,确定灌区开发方式和灌排分区,提出综合治理措施;确定灌溉设计水平年和灌溉、供水设计保证率,复核灌溉定额,制定灌溉制度,确定灌溉需水量;复核不同水平年灌区经济社会发展指标、工农业生产生活用水定额和需水量,结合现状工程供水能力确定城乡供水规模。确定灌溉水利用系数、总需水量及不同保证率的年内分配,复核水土资源供需平衡分析和水资源配置成果;确定排涝标准、排渍标准、改良和预防盐碱化的排水标准和承泄区水位标准,分析确定排水模数;复核灌区总体布局方案;对水源工程、灌排渠系及主要建筑物进行方案比较,确定工程布置、规模和设计参数;确定典型区田间工程布置;确定监测内容、主要检测项目、灌区信息化和管理设施设计方案;提出工程运行管理机构和管理办法。

4.1.7 常用的灌溉方式包括地面灌溉、低压管道输水灌溉、喷灌和微灌等,适宜的灌溉方式不仅可以保证田间灌水均匀,而且可以节约用水,有利于保持土壤结构和肥力。各种灌溉方式都有一定

的适用范围,应区分不同的情况,考虑作物的组成、地形、土壤、水源和经济等条件,合理确定。

4.1.8 正确的排水方式可使排水通畅,及时排除涝(渍)水,有效控制地下水,防止土壤盐碱化、沼泽化,有利于农作物的正常生长,节省工程投资。

4.2 总体布置

4.2.1 为了合理确定灌区总体布局,搜集当地农、林、牧和水利及城镇建设等相关规划设计成果是必要的。

4.2.2 在满足水量、水位及水质情况下,水源工程靠近灌区可减少输水损失、降低工程投资。

4.2.3 蓄、引、提相结合的“长藤结瓜”式灌溉水源工程布置应合理利用灌区地形条件和已成水库、塘坝工程,按照不同功能和作用,确定骨干水源及塘坝工程布置。

新建改造灌区内已建的平原水库实际利用效果差,且具备修建山区控制性枢纽的条件,经综合分析,可逐步废弃平原水库,恢复耕种。

4.2.5 在具备自流条件的灌区采用自流灌排、局部高地采用抽灌或抽排;在地形落差大、天然河沟发育的山区、丘陵灌区不单独布设排水系统可有效利用灌区地形条件和水头落差,节约工程投资,提高工程的综合效益。山区、丘陵区采用的“长藤结瓜”式灌溉工程比较充分地利用了可能利用的水资源,盘山开渠,引水上山,扩大了耕地和灌溉面积,为旱地改水田提供了有利条件;同时,由于在渠系内部连接了许多水库、塘堰的容积,把非灌溉季节的水存蓄起来,供灌溉季节用,从而提高了水库、塘堰的调蓄能力和渠系的引水灌溉能力,因此应大力提倡在山区、丘陵区推广“长藤结瓜”式灌溉工程。

平原灌区具有易旱、易涝、易碱的特点。但由于所处自然地理位置不同,地形、地貌、水文地质条件及水源分布差异,各地存在的

主要问题不尽相同,应区分不同情况,分区治理。

采用灌排分开的灌溉与排水工程,不仅可以及时排除涝水和有效地控制地下水,起到排涝、防渍、防止土壤盐碱化和次生盐碱化的作用,而且可以通过灌溉系统引用河水进行灌溉或洗盐,并利用深沟排水达到改良土壤和淡化地下水的目的。

对于受盐碱化威胁严重的平原灌区,田间灌排渠沟可以合一。为防止土壤积盐,必须使排水沟水位经常保持在地面以下一定深度,提水进行灌溉,但必须严格控制渠沟蓄水位和蓄水时间。

沿江、滨湖的圩垸灌区均属江湖冲积平原,地形平坦,土壤肥沃,水网密布,水源较丰沛,但因地面高程较低,大部分地面高程均在江河、湖泊洪、枯水位之间,洪、涝、渍、旱灾威胁较严重,因此要采取联圩并垸、整治河道、修筑堤防涵闸等一系列工程措施,有效控制内河水位和地下水位,达到能蓄、能灌、能降、能排的要求。

为滞蓄涝水,减小排水闸、排涝泵站工程规模,并加以田间排水,进行综合利用,一般圩区需要有一定的蓄涝区。蓄涝区的大小可根据圩垸灌区的具体情况确定。根据江苏、湖南、湖北、江西等省的排涝经验,当有蓄涝区的圩垸灌区,其蓄涝水面率为10%时,仅为无蓄涝区的圩垸灌区排涝装机功率的1/4。如圩区内部无天然湖泊,需开挖新河网进行滞涝时,则河网的滞涝水面面积以占圩垸灌区总面积的5%~10%为宜。考虑到全国各地的实际情况,本标准规定蓄涝区一般为灌区排水面积的5%~10%。同时根据一些圩垸灌区的实践,本标准还规定设计蓄涝水位一般控制在排水地面以下0.2m~0.3m,起蓄水位一般可低于地面1m~2m。

滨海感潮灌区的土壤含盐量一般较高,部分咸田由于缺乏淡水水源冲洗,每年都要遭受不同程度的危害。对这些地区,一方面采取防止咸潮入侵的措施,另一方面需引蓄淡水,做到拒咸蓄淡,适时灌排。

排水干沟与承泄区河道的连接布置应保证有良好的出流条

件,而不应因排水造成壅水、淹没或出现泥沙淤积的情况,为此,排水干沟与承泄河道岸边宜呈锐角相交,根据一些工程实施经验,此交角宜为 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。

灌溉干、支渠道一般应设置退水设施。泄水渠、闸等退水设施位置选定应合理,一方面确保了灌溉渠道的运行安全,另一方面结合引水口位置、交叉建筑物布置、渠道流量分级设置的退水构筑物可有效减小渠道断面尺寸,降低工程造价。

4.2.7 典型区的数量及设计工作深度既要满足灌区总体布置的要求,又要能指导灌区田间工程的配套,以便能较准确地估算田间工程量及其投资。

5 水源工程

5.2 蓄水枢纽

5.2.4 水库径流调节计算方法,在具有较长水文系列资料时,可采用长系列法;缺乏水文资料时,可采用典型年法。根据灌溉工程实践经验,大、中型水库的调节计算一般采用长系列法,因为灌区农作物用水过程逐年不同,长系列法概念直观,方法简单,便于调整用水量的变化,可逐年、逐月、逐旬求得灌溉需水量,可供水量、损失水量、弃水量、库水位等各种参数;但长系列法的计算精度与采用的时历系列长短有密切关系,时历系列越长,计算精度越高。鉴于我国各地目前都积累了较长的水文系列资料,因此本标准规定采用的时历系列不应少于 30a。小型水库一般多采用典型年法,可逐月、逐旬进行水量调节平衡计算;关键是要选取与相当于灌区灌溉设计保证率的年来水量所对应的年份作为设计代表年,但由于年内水量分配上的差异,影响到所选典型年的代表性,一般至少应选取接近灌区灌溉设计保证率的三个代表年进行计算,经分析比较后选用其中较大库容的代表年为典型年。

5.2.7 “长藤结瓜”式灌溉系统一般都有多项蓄水工程(库、塘、堰),并由其中骨干水库利用非灌溉期和丰水年的来水量充蓄灌区内的库、塘、堰,作为灌溉期与骨干水库同时向灌区供水的水源。由输水渠道将库、塘、堰相连通的“长藤结瓜”式灌溉系统工程,在我国南、北方各有特点,本标准仅从共性方面对其水量调节计算做出规定,各地执行时还可结合本地区的具体情况进行适当的调整和补充。

5.2.8 以灌溉水稻等为主的水库采用分层取水的方式,主要是为了防止水稻等作物因受到“冷害”而减产。由于水库不同深度的水

温不同,因此分层取水可满足水稻对灌溉水温的要求。我国以往大、中型水库设计多采用深层取水方式。这对水稻的正常生产和产量都有一定的影响;日本和美国的水库设计采用分层取水的方式较多,显然比深层取水方式好得多。近些年来,我国在大、中型水库设计中逐步推广了分层取水的方式,收到了较显著的效果。如辽宁大伙房水库、吉林朝阳水库、四川升钟水库和江西泡桐水库分别采用圆筒式伸缩闸门和浮式管型表层取水等都可作为水库工程设计的借鉴。

5.3 引水枢纽

5.3.4 本标准式(5.3.4)中,系数 K 值主要与分沙比 ϵ 值有关,如图 1 所示。由图 1 可见,当 $K=0.6\sim 1.0$ 时, $\epsilon < 10\%$;当 $K=0.8$ 时, ϵ 值最小。因此,本标准规定系数 K 值一般取 0.8。

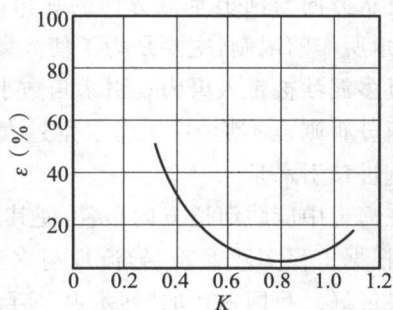


图 1 $k-\epsilon$ 关系曲线图

5.3.5 无坝引水的引水比确切地说应为引水流量比,又称引水率或分流比,即引水渠首工程多年平均引水总量与多年平均河道来水总量的比值。为了与《中国水利百科全书》用词保持一致,本标准采用“引水比”一词。如果采用的引水比过大,将会引起引水口下游的河道流量减小,特别是对于多泥沙河流,由于下游河道挟沙量的加大和输沙能力的降低将导致泥沙的严重淤积。据统计,当清水河流上无坝引水的引水比超过 50%,多泥沙河流上无坝引水

的引水比超过 30% 时,引水口下游的河道就将存在泥沙淤积的问题。同时大量泥沙入渠,对渠道的正常运用也是不利的。《水工设计手册》一书提出,无坝引水渠首的引水比宜小于 50%,多泥沙河流无坝引水的引水比宜小于 30%。《泥沙手册》一书提出,自流引水流量为河道流量的 20%~30%;在条件有利的河流弯道段可达到 40%~50%。从陕西交口抽渭灌溉工程模型试验结果及多年实际运用情况来看,引水比一般为 50%~60%,而当河道流量小于设计流量时,甚至可将河道来水全部引进,即引水比为 100%。这就说明对不同地区,不同河流的特性和来水、来沙条件等应作具体分析。为了防止泥沙被大量带入输水渠道和防止泥沙严重淤积在引水口下游河道,本标准规定无坝引水的引水比宜小于 50%,多泥沙河流无坝引水比宜小于 30%。如经模型试验或其他专门论证,引水比可适当提高。

5.3.6 引水口进水方向与河道水流方向的夹角称为引水角。对无坝引水的引水角所作的限制,主要是为了使入渠水流平顺,增大引水量,并防止过多泥沙被带入渠内。引水角愈小,引水口前沿宽度愈长,进口流速分布则愈不均匀;但引水角过大,引水口前沿宽度小了,又将影响进口引水量。

5.3.7 导流堤在河道中应顺河道方向布置,使其与河道岸边之间形成引水通道。根据工程实践经验,导流堤与水流成 10° ~ 20° 的夹角时,引水效果最好。我国古代的“迎水湃”实际上就是导流堤。宁夏的汉渠和唐徕渠都有很长的导流堤,名为“十里长湃”。四川都江堰工程是利用导流堤和弯道环流原理进行无坝引水的典型实例,其中鱼嘴和金刚堤就起了导流堤的作用。

5.3.8、5.3.9 侧面引水、正面排沙的有坝(闸)引水渠首布置是一种传统的布置形式,即所谓“印度式渠首”,其进水闸前缘线与拦河溢流坝坝轴线的夹角为 90° (即进水闸的引水角为 90°),这种布置如用于多泥沙河流,可将大量泥沙引入渠道。本条所述侧面引水、正面排沙的有坝(闸)引水渠首,是指经改进的印度式有坝(闸)引

水渠首,其布置参见图 2。印度北方邦灌溉研究所的模型实验结果表明,当进水闸前缘线与拦河溢流坝坝轴延长线夹角为 $70^{\circ}\sim 75^{\circ}$ 时,较夹角为 90° 时的防沙效果提高近 6 倍。我国三盛公、横排头、渔子溪等大型引水渠首工程都采用了这种布置形式。

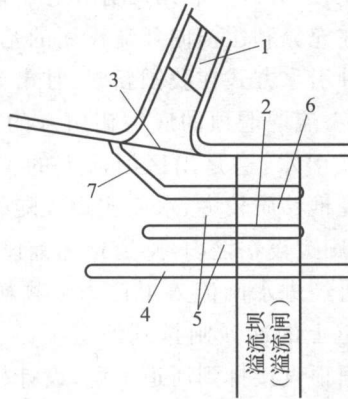


图 2 有坝(闸)引水渠首布置图

1—进水闸;2—冲沙闸;3—拦沙坎;4—导流墙;5—沉沙槽;6—冲沙槽;7—导沙坎

5.3.10 冲沙廊道有底部冲沙廊道和侧向冲沙廊道两种,后者在我国采用较少。底部冲沙廊道可布置在沉沙槽内,占槽宽的一部分或全部,其顶部与进水闸底槛齐平,末端由冲沙槽控制。印度大型渠首多采用这种布置形式,如印度东柯西渠首,廊道净高 1.55m,宽 2.9m,上层水经过进水闸入渠,含有底沙的水通过冲沙廊道和冲沙闸排到河道下游。

5.3.12、5.3.13 无坝引水进水闸的闸前设计水位可选取每年灌溉季节中的最低旬平均水位,通过频率分析求出相应于灌溉设计保证率的水位作为闸前设计水位。若进水闸引水流速引起的水面降落较大时,还要考虑由于引水所造成的水面降落。闸前水面降落一般可采用经验公式进行计算。对于大江大河,当引水流量较小时,水位降落一般较小,可忽略不计。无坝和有坝进水闸的过闸设计水头一般可采用 0.1m~0.3m。

5.3.14 隧洞引水方式在我国陕西采用较多,如宝鸡峡引渭渠首工程,在引水隧洞后面紧接着布置沉沙槽,水流经沉沙槽通过进水闸正向引入渠道,定期打开侧向布置的冲沙闸,将沉沙槽内沉积的泥沙排入渭河,使用效果很好。

5.3.15 人工弯道引水方式是利用河势和有利地形人为地做成的弯道式引水渠道,在充分利用横向环流作用的基础上,做到凹岸引水,凸岸排沙。这种引水方式在我国新疆、甘肃等省区采用较多。

5.3.16 利用设有溢流堰堰顶的底栏栅引水的方式,称为底栏栅式引水,又称跌落式引水,这是山区河流上的一种特有的引水方式,只适用于大粒径推移质较多、水面比降较陡的山区河流上的引水渠首工程。引水廊道设在堰内,廊道顶部铺设栏栅,水流经过栅孔跌落到廊道内,再经进水闸流入渠道。细颗粒泥沙随水流引入渠道,再由设在渠道上的冲沙闸排到河道下游;而大粒径推移质(砂石、卵石)则由栅顶直接排到河道下游;设计栏栅时一定要防止栅条产生弯曲变形或栅条间发生“卡石”现象,并要求方便栏栅的清理和检修。堰顶设有底栏栅的溢流堰轴线应与水流正交,以使水流均匀地跌入廊道。在一般情况下,堰顶底栏栅可高出枯水期河床平均高程 1.0m~1.5m。但由栏栅顶部直接排入下游河道的推移质日渐堆积起来,必须定期进行清理。这种底面引水方式在我国新疆采用较多。

5.3.19 现行行业标准《水利水电工程沉沙池设计规范》SL 269 对水利工程的沉沙池设计技术标准做出了详细规定,本次修编删除了沉沙池设计的相关条款。

5.4 泵 站

5.4.1~5.4.5 站址选择除应满足灌溉、排水、城乡生活供水的总体规划外,还要考虑工程扩建的可能性,特别是分期实施的泵站工程,要为今后的扩建留有余地;站址选择应选在有利于提水且灌区输、排水系统布置比较经济的地点;水库取水的灌溉泵站,应认真

研究水库水位的变化对泵站机组选型及建成后运行情况的影响。

5.4.7 我国部分地区曾有过血吸虫流行的历史,由于血吸虫危害难以根治,因此在疫区的泵站设计中,应根据疫区的实际情况,按水利血防的要求,采取有效的灭螺工程措施,防止钉螺在站区滋生繁殖或向其他承泄区(受水区)扩散。

5.4.9、5.4.10 泵站设计流量、特征水位和特征扬程的确定,应结合灌、排泵站的水源和供(排)水对象的不同特点分析确定,具体计算方法应符合现行国家标准《泵站设计规范》GB 50265 的规定。

5.4.14 动力机功率备用系数为所选动力机额定功率与水泵运行范围内最大轴功率的比值,水泵轴功率越大,动力机功率备用系数越小。具体选择可参照《机电排灌设计手册》。

5.5 机 井

我国北方地区凿井汲取地下水灌溉农田历史悠久,目前地下水年开采量约 $1000 \times 10^8 \text{ m}^3$,用于农田灌溉的占 54% 左右,机井数达 470.94 万眼,井灌面积为 $0.165 \times 10^8 \text{ hm}^2$ (2.48 亿亩),约占全国有效灌溉面积的 29.5%,在农田灌溉工程中发挥着重要的作用。

5.5.1 近年来,一些地区为满足地方经济发展对水资源的需求,盲目超量开采地下水资源,致使部分地区出现地面沉降、海水倒灌等生态环境问题,应根据确定的地下水可开采范围和可开采量,在地下水资源利用现状的基础上,提出新建机井工程的规模和布置,对于地下水开采区应分别采取禁采、压采和限采措施。

5.5.4 本条对井群布置做了一些原则性的规定,具体井位还应根据布井区的水文地质条件、地形条件和地理位置,结合灌排渠沟(管道)系统、道路、林带、输电线路等进行布置。

6 灌溉渠(管)道

6.2 渠系总体布置

6.2.1 灌溉渠道一般分为固定渠道和临时渠道两大类。固定渠道由干渠、支渠、斗渠、农渠四级组成,农渠以下为临时渠道,分为毛渠、灌水沟两级灌水渠道。

地形复杂的大型灌区,固定渠道也可设置为总干渠、干渠、分干渠;支渠、分支渠;斗渠,分斗渠等。

灌区地形特殊或面积较小时,整个灌区或灌区的某些区域也可越级设置渠道。

6.2.2 目前,我国灌区基层管理基本上是以行政区划管理单位,维修、养护、配水、量水、水费征收等均以行政单位为管理单元。因此渠系布置时,需要参照行政区划,合理布设输配水系统和配水口。

6.2.3 “长藤结瓜”式灌溉渠道系统是我国山区、丘陵区在合理开发利用灌区水资源并保证供需平衡的基础上,将灌区范围内多项蓄水工程连接成水资源相互调剂、统一调配的灌溉系统。灌区群众通常形象地把渠道比喻为“藤”,把灌区内众多的库、塘、堰比喻为“瓜”。通过对“藤”(渠)和“瓜”(库、塘、堰)的合理调度运用,就可使整个灌区做到忙时灌田,闲时蓄水,以蓄补灌,以丰补缺。

6.2.4 轮灌渠道的主要特点是水量集中、输水时间短,所需渠道断面较大,土方和建筑物工程量以及建设费用较大,因此干、支渠一般不应按轮灌方式设计。支渠只有当水面比降小、水流泥沙含量高、容易产生淤积,有必要增加输水流量或缩短灌溉周期时,才可按轮灌方式设计,但必须经技术经济方案比较论证确定。

6.3 渠道水力计算

6.3.1 按续灌方式设计的干、支渠,采用按设计流量、加大流量和最小流量进行水力计算,即以设计流量计算确定各级渠道在正常工作条件下的水力要素,平均流速应满足渠道不冲不淤要求;以加大流量计算确定渠道的岸顶超高和渠深,并验算渠道的不冲条件;以最小流量确定渠道的最低控制水位,并验算渠道的不淤条件。

6.3.2 关于支渠长度折算系数 α ,在以往灌区工程设计中多采用0.75。原《灌溉排水渠系设计规范》采用了陕西省水利电力勘测设计院对支渠长度折算系数的分析计算成果,即支渠灌溉面积重心分别在上游、中游或下游时,支渠长度折算系数分别为0.60、0.80、0.85。所谓灌溉面积重心在上游或下游,系指灌溉区形状基本上为三角形或梯形;灌溉面积重心在中游,系指灌溉区形状基本上接近为方形或长方形。本标准继续采用这一计算分析成果。

6.3.4 对于单纯农田灌溉的续灌渠道,可采用表6.3.4中的数值;对于综合利用的渠道加大流量的加大百分数可根据实际情况确定。

6.3.5 根据国内灌区实际调查情况,本次对单纯农田灌溉的续灌渠道设计最小流量时相应的最小水深做了修订,认为最小流量不宜小于设计流量的40%,相应的最小水深不宜小于设计水深的60%;有节制闸控制时可不受此限制;对于综合利用渠道按实际情况确定。

6.3.7 本标准式(6.3.7-2)是由原水利部西北水利科学研究所提出的经验公式,适用于从多泥沙河流引水的浑水渠道。根据陕西省洛惠渠的实践经验,在渠底比降较大的条件下,可以引用泥沙含量超过40%的浑水进行淤灌。

6.3.10 土质渠道设计平均流速控制不小于0.3m/s,目的是为了防 止滋生杂草。寒冷地区冬、春季输水的渠道,设计平均流速控制不小于1.5m/s,目的是为了防 止水面结冰。

6.3.11 渠道允许不冲流速系指渠床土粒将要移动而尚未移动时

的临界流速,是渠道允许过流的上限值。计算允许不冲流速值的经验公式很多,如适用于沙质土、砾石土、砂卵石渠床的列维公式,适用于黄土渠床的沙玉清公式和原西北水利科学研究所公式,以及适用于缺乏有关水力要素时的吉尔什坎公式等。这些公式都有一定的适用条件,不可盲目使用。为此,本标准对重要的干、支渠道允许不冲流速值的计算确定做了原则性的规定,而一般渠道允许不冲流速值可不进行计算,直接由本标准附录 C 查得。

6.3.12 渠道水流在某一特定条件下能够挟运某种粒径泥沙不致使渠道发生淤积的最大数量,称为渠道水流挟沙能力,或称渠道水流饱和含沙量。渠道水流的挟沙能力与水流流速、水力半径、泥沙粒径及沉降速度有关。由于水流中泥沙运动规律的复杂性,目前还没有完善的理论计算公式,而用于计算渠道水流挟沙能力的经验公式虽然比较多,但都有一定的局限性。本标准附录 D 中推荐采用的三个经验公式,是目前使用较多的计算公式。沙玉清公式适用于黄河中游地区渠道泥沙中值粒径在 0.02mm 左右及水流弗劳德数 $Fr \leq 0.8$ 的情况;当 $Fr > 0.8$ 时,这一公式不能使用。黄委水利科学研究院公式适用于黄河中、下游地区,但因适用范围覆盖的面积很大,条件很复杂,因此按这一公式计算的结果误差会大一些。山东省水利科学研究院公式仅适用于黄河下游地区的衬砌渠道,适用范围相对更窄一些。

6.4 渠道纵横断面设计

6.4.2 渠道横断面尺寸一般依据渠道均匀流计算公式确定。在渠底比降和渠床糙率已定的条件下,通过某一规定流量所需的最小渠道横断面,称为水力最佳断面。在灌区工程设计中,为了节省输水渠道土石方以及衬砌工程量,尽量少占地,一般均采用窄深式断面;而配水渠道为使水流较为稳定,不易产生冲刷和淤积,多采用宽浅式断面。本标准推荐采用梯形渠道实用经济断面计算方法。

6.4.3 陕西省水利电力勘测设计研究院根据原西北水利科学研

究所以对陕西 9 个灌区的实测资料及其分析成果,即本标准所列的公式(6.4.3-1),结合宝鸡峡、大佛寺两个灌区的设计资料,绘制了关系曲线(见图 3)。该曲线居于按吉尔什坎公式和西北水利科学研究所公式所绘制的两曲线之间,并以 $Q=1.5\text{m}^3/\text{s}$ 分界,概括为两个经验公式,即本标准所列式(6.4.3-2)、式(6.4.3-3)。上述分析成果作为计算从多泥沙河流引水渠道水深和宽深比的公式,已纳入原规范,本次修编认为分析结果正确,计算结果合理,故继续采用。

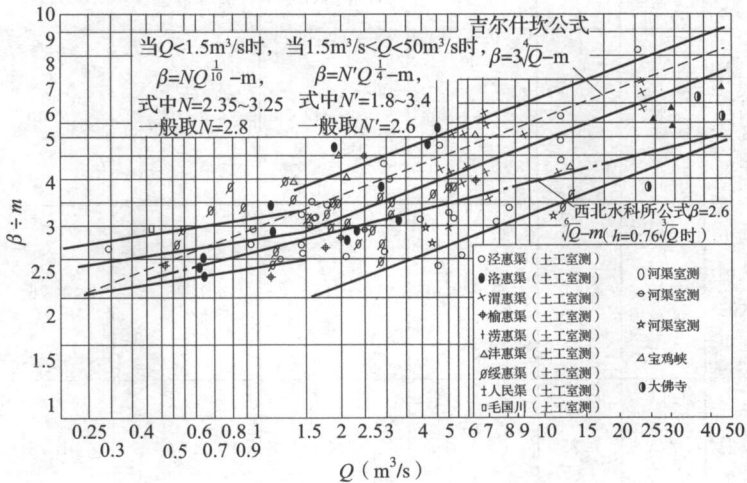


图 3 深水渠道 $(\beta \div m) - Q$ 关系曲线图

6.4.5 深挖方渠道一般是指挖土深度大于 15m 的渠道。

6.4.6 黄土地区渠岸以上的边坡可分为低边坡和高边坡,其界限一般以边坡高度 15m 分界。

6.4.7 填方渠道的渠堤填方高度是指堤顶高于地面的高度。

6.4.8 根据桥梁和跌水、陡坡等渠系建筑物引起的壅水,闸门调节时引起的暂时渠内水位上升,渠道运用期间渠床糙率变化引起的渠内水位变化,以及强烈毛细管作用对渠堤的影响等因素,经综合分析后提出的计算土渠顶部超高的公式,见本标准式(6.4.8-1),

是一个简单实用的经验公式,不少设计单位对此反映良好。现在将国内部分渠道实际采用的超高值,以及美国有关计算公式和曲线图的验算值与该式计算结果进行比较见表 6。由表 6 可知,大多数干渠、总干渠的实际采用值与该式计算结果最为接近,因此本标准继续采用。

表 6 国内部分渠道采用超高值及验算值比较

渠道名称	Q (m ³ /s)	h(m)	F _b (m)	按 F _b = h _b /4+0.2 计算值(m)	按 F _b = 0.552 √ch _b 验算值(m)	按曲线图 查得 F _b 值 (m)
三盛 公灌 区总 干渠	620	4.17	—	1.24	1.79	2.00
溧史 杭灌 区总 干渠	300	5.00	1.50~2.00	1.45	1.95	1.76
长征 渠总 干渠	275	7.25	2.00	2.01	2.34	1.75
东雷 抽黄 灌区 总干渠	120	3.60	1.20	1.10	1.63	1.44
打渔 张灌 区总 干渠	120	2.40	0.60	0.80	1.35	1.44

续表 6

渠道名称	Q (m ³ /s)	h(m)	F _b (m)	按 F _b = h _b /4+0.2 计算值(m)	按 F _b = 0.552 √ch _b 验算值(m)	按曲线图 查得 F _b 值 (m)
人民胜利渠总干渠	100	2.60	0.50	0.85	1.41	1.42
京密引水干渠	70	3.08	1.00~1.50	0.97	1.47	1.32
宝鸡峡灌区引渭总干渠	60	3.17	1.03	0.97	1.46	1.26
冯家山水库灌区总干渠	47	3.75	0.85	1.14	1.53	1.21
韶山灌区总干渠	40	3.50	1.00	1.08	1.44	1.16
泾惠渠总干渠	27	2.50	1.50	0.83	1.17	1.07

续表 6

渠道名称	Q (m ³ /s)	h(m)	F _b (m)	按 F _b = h _b /4+0.2 计算值(m)	按 F _b = 0.552 √ch _b 验算值(m)	按曲线图 查得 F _b 值 (m)
渭惠渠北干渠	17	1.98	1.02	0.70	1.01	0.96
洛惠渠总干渠	15	2.00	1.00	0.70	1.00	0.93

注:1 表中公式按 $F_b = 0.552 \sqrt{ch_b}$ 为美国垦务局提出的计算公式,见该局所编《渠道及其有关建筑物》一书第 10 页。当流量 $Q = 0.57\text{m}^3/\text{s}$ 时,系数 $c = 1.5$;当 $Q = 85\text{m}^3/\text{s}$ 时, $c = 2.5$ 。按上述公式计算 F_b ,当 $Q \leq 85\text{m}^3/\text{s}$ 时, c 值采用内插法求得;当 $Q > 85\text{m}^3/\text{s}$, c 值仍采用 2.5。

2 表中所述曲线图见美国土木工程师协会编《在争用资源年代里的灌溉与排水》一书第 330 页图 103—D—341。

6.5 渠道衬砌与抗冻胀设计

6.5.2 渠道衬砌结构适用条件表是按照现行国家标准《渠道防渗工程技术规范》GB/T 50600—2010 中表 4.2.3 制定的,表中所列允许最大渗漏量指标是根据国内外不同防渗衬砌渠道的实际防渗效果,经分析研究后拟定的。

6.5.4、6.5.5 本次修订,按照现行国家标准《渠道防渗工程技术规范》GB/T 50600 的规定,对原规范表 6.5.5 中浆砌卵石、干砌卵石(挂淤)、埋铺式膜料、沥青混凝土、混凝土等渠道防渗衬砌结构的适宜厚度进行了调整;对现场浇筑混凝土板及预制混凝土衬砌板的伸缩缝间距、缝型做了修订。

6.7 灌溉输水管道

6.7.1 我国地域辽阔,南北方气候变化差异较大,高寒地区及季

节性冻土地区管道基础冻胀对管道危害非常大,尤其对非金属管道破坏尤其严重。灌溉管道埋在冻土层以下,是为了避免在冬季冻坏管道。在冻土层较薄或无冻土地区,为确保安全与稳定,根据国内工程实践经验及有关规范要求,本次修订管道埋深不应小于0.7m。

由于具有流量调节功能的节制阀种类较多,本次修订对流量调节阀门的选用做了规定,同时建议给水栓接口采用金属连接管件。

6.7.2 近几年,灌溉用管材种类越来越多,尤其是聚乙烯管、玻璃钢管、预应力钢筒混凝土管等管材广泛应用,本次修订补充了上述管材的计算参数值。

经济流速是根据管道造价和运行费用之和最小而确定的,故管道流速一般不应超出此范围。

根据实际调查,直径小于 $DN600$ 的输水管道,产生破坏性水锤的概率及危害程度较小,故水锤防护要求较低,可经分析并参照同类工程做出水锤防护措施;直径 $DN600 \sim DN1200$ 的输水管道,产生破坏性水锤时,往往危害较大,修复困难,故应经专门计算分析确定其防护措施并预测防护效果;直径大于 $DN1200$ 的大型输水管道,应特别重视水锤防护问题,建议由两家以上单位计算,经论证后确定合理的水锤防护方案。

7 排水沟(管)道

7.1 一般规定

7.1.1~7.1.4 据资料显示,我国盐渍化土壤面积约 $3693 \times 10^4 \text{ hm}^2$,残余盐渍化土壤面积约 $4487 \times 10^4 \text{ hm}^2$,潜在盐渍化土壤面积约 $1733 \times 10^4 \text{ hm}^2$,在耕地中约有三分之一是盐碱、涝洼造成的中低产田,另有分布在沿海、沿河、沿湖平原区相当多未被开发利用的盐碱地,因此改造中低产田和开发未利用盐碱地任务十分艰巨。根据各地区的地质、地貌、土壤、气象、水文地质条件,盐碱地种类及分布,水盐变化规律及涝害、渍害、盐碱化的成因等,选择适宜的排水工程形式,做到因地制宜改良土壤是非常必要的。

明沟既可排涝,也可用于排渍和改良盐碱地或防治土壤盐碱化,是常用的排水形式。明沟可迅速、有效地排除地面涝水,因此排涝更适宜采用明沟排水。明沟施工简单,运行维护方便,工程投资及运行成本低,是比较简便、适用的排水形式。因此有排涝、排渍和改良盐碱地或防治土壤盐碱化任务的灌区通常采用明沟排水。明沟的缺点是占地多,需建桥涵多,不利于机耕机收,易淤积,易生杂草,同时在塌坡地区或地段,其塌坡不易处理,会造成排水沟淤积,影响排水效果。因此在选择明沟时应重点考虑明沟的占地和断面结构稳定因素。

暗管具有占地少、交叉工程少、不妨碍机耕机收、埋深比明沟深度大、密度不受限制的优势,同时可解决在塌坡地区或地段采用明沟塌坡不易处理的难题,因此在耕地紧缺地区及明沟塌坡地区或地段,用于治渍、改良盐碱地时,宜采用暗管排水。但采用暗管排水工程投资及运行成本增加,运行维护不方便,采用暗管时应综合考虑这些因素。

井排系统只有在水文地质条件满足抽水要求时才能达到排水效果,同时井排系统运行需要动力,消耗能源,运行费增加。因此常在排水水质满足灌溉要求地区结合灌溉采用“以灌代排”井实现排水目的,在地形及水文地质特殊地区采用井排形式时,应综合考虑其工程占地、工程投资和运行动力费等因素,经技术经济比较论证确定。

7.1.5 本条主要是为有防治血吸虫病需要地区而设置的规定。根据相关资料,血吸虫生活史的许多阶段都必须在有水的条件下完成。血吸虫唯一中间宿主钉螺的分布扩散与水密切相关,钉螺为水陆两栖淡水螺类,滋生在1月平均温度 0°C 以上,年平均在 15°C 以上,全年降水在250mm以上的地区,存活于杂草丛生的江湖、洲滩、湖汊、河岸水线上下、稻田出水口、沟渠处。

7.2 明沟排水

7.2.1 农沟是最末级的固定排水沟,农沟以下可根据需要设置毛沟、腰沟、墒沟等临时性排水沟。干、支、斗沟三级组成骨干输水沟网,其作用主要是承纳田间集水沟网的排水,并输入承泄区,在排涝区可及时排除暴雨径流,同时可适量滞蓄涝水。农沟以下的临时性排水沟组成田间集水沟网,其作用主要是汇集田面径流,控制和降低地下水位,将涝水和渍水排入骨干输水沟网。我国一些除涝、治渍排水区采用的排水沟一般规格见表7,可供布置明沟时参考。

表7 排水沟道一般规格(m)

排水沟道名称	深度	间距
支沟	2.0~2.5	1000~5000
斗沟	1.5~2.0	300~1000
农沟	1.0~1.5	100~300
毛沟	0.8~1.0	50~100
腰沟	0.5~0.8	30~50

7.2.2 各级排水沟应尽量布置在低洼地带,使之能快速通畅地自流排水,同时也为合理布置田间排水工程和选取良好的排水出路创造条件。排水面积较大的排水区,利用天然河道及原有沟道作为骨干排水沟,可使工程量大大减少。

1级~3级排水沟之间及其与承泄河道之间最好相互垂直,而在连接处则要求呈 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 交角,以利排水和避免出现冲淤情况。

1级~3级排水沟线路,宜尽量避免穿过淤泥、流沙及其他地质条件不良地段。难于避免时,必须采取相应的工程措施。

排水沟出口排水方式有畅排和托排两种。畅排即多数情况下排水出口均可自排,这是最经济的排水方式。托排即排水出口受下一级排水沟或承泄区水位顶托,如果短期内不能自排时,可修建排水涵闸利用排水出口水位高于下一级排水沟或承泄区水位的短暂时期抢排涝水;如果下一级排水沟道或承泄区水位长期高于排水出口水位,而上一级排水沟道蓄涝容积又不能满足调蓄要求时,则必须修建排水泵站进行抽排。当然也可在排水出口两侧修建回水堤,使回水范围以外的涝水能够自排,回水范围以内的涝水通过排水涵闸或排水泵站抽排,但是这种做法只适用于回水长度不大的情况。

布置排洪沟应按实际情况尽量增建一些塘库工程,以减少排洪沟的工程量。对于截流沟的布置,在地形条件允许的情况下,也可采用适当分散的布置方案,但在选择时应以截流效益大、占地面积少、工程量小为原则。截流沟应尽量沿地形等高线布置,弯道应有足够的曲率半径,沟底比降可适当放缓,同时也应尽量避免高填方、深挖方。排洪沟(截流沟)是重要的排水工程,其排水标准可略大于排水区的排涝标准。广东省环山排洪沟或截流沟的排水标准见表8,可供参考。

表 8 广东省环山排洪沟或截流沟的排水标准

排洪(截流)面积(km ²)	防护对象	设计暴雨重现期(a)
>150	重要城镇或工矿企业	≥20
150~50	一般城镇或工矿企业	20~10
50~5	村镇	10
<5	村庄	10~5

7.2.3 末级固定排水沟的深度和间距有一定的优化组合关系。为了满足排涝、排渍或防治土壤次生盐碱化的需要,在一定的时间内要求排除一定量的地面涝水,以及控制地下水在一定的深度以下。排水沟的间距越大,则所需开挖的排水沟深度也越大,排水沟的开挖土方量可能越小;反之间距越小,深度越小,开挖土方量则可能越大。因此,对于末级固定排水沟是采用深沟大间距,还是采用浅沟小间距,需经技术经济比较确定。

单纯排涝的末级固定排水沟(多数是在地下水位较低的地区,没有降低地下水位的要求),应根据当地农业机耕或其他要求先确定间距,然后再按排涝要求计算确定断面尺寸。排涝、排渍两用的末级固定排水沟(在地下水位较高的地区,且有降低地下水位的要求),则应根据农作物对地下水位的控制要求先初定沟深,然后再按排涝、排渍要求计算确定其断面和间距。但应指出,排涝、排渍两用沟道的深度一般不宜定得太深,否则多数会造成严重的边坡坍塌。根据广东省佛山地区的经验,在控制地下水位 0.3m~0.6m 时,水稻区排涝、排渍两用排水沟沟深和间距见表 9,江苏省一些地区排涝、排渍两用排水沟沟深和间距见表 10。

表 9 广东省佛山地区排涝、排渍两用排水沟沟深和间距(m)

土质	深度	间距
黏土	0.8~1.2	50~60
壤土	0.8~1.2	60~70
沙土	0.8~1.2	70~80

表 10 江苏省一些地区排涝、排渍两用排水沟沟深和间距(m)

地区	土壤与农作物	深度	间距
徐淮平原及 滨海垦区	沙土、旱作物	1.0~1.5	200
	黏土、棉花	1.5~2.0	100
苏南地区	重壤土、水旱轮作	1.0~1.5	80~100

排渍和防治土壤次生盐碱化的末级固定排水沟沟深和间距,因为对地下水位的控制要求高,而且影响因素复杂,故宜通过试验确定,也可参照计算成果综合分析确定。无试验资料时,可参照临近地区的经验数据确定,也可按本标准表 7.2.3 确定。

本标准表 7.2.3 系根据我国多数地区排水工程实践的成功经验,并考虑防止沟道边坡坍塌的因素提出的。本标准附录 G 所列末级固定排水沟间距计算公式都是比较实用的理论公式或半经验公式。

7.2.7 排水沟沟底设计比降可取与沟道设计水位线相同的比降,且尽可能与沟道沿线地面坡度相接近,以节省沟道的开挖工程量。当然,取用的沟底设计比降还应满足沟道不冲、不淤的要求。对于连通内湖与排水闸的排水沟道,其沟底比降还应考虑内湖与外河水位的情况;对于连通排水泵站的排水沟道,其沟底设计比降应考虑水泵安装高程的要求。平原地区排水沟沟底设计比降一般可在下列范围内选取:干沟为 $1/10000 \sim 1/30000$,支沟为 $1/5000 \sim 1/10000$;斗沟为 $1/2000 \sim 1/5000$,农沟为 $1/1000 \sim 1/2000$ 。

7.2.8 排水沟内一般常年有水,边坡潮湿,易长杂草,影响行水,故在实用中应选用较大的糙率。

7.2.9 梯形断面广泛适用于各级土质排水沟,施工方便;当土质排水沟开挖深度大于 5m 时,为满足边坡稳定的需要,常采用复式断面。矩形断面仅适用于石质或人工护砌的排水沟,可节省开挖工作量和减少占地。

7.2.10、7.2.11 土质排水沟边坡系数主要与沟道开挖深度、沟槽

土质及地下水情况有关。排水沟道开挖深度越大,沟槽土质越松软,或地下水位越高,取用的边坡系数应越大;反之,则取用的边坡系数应越小。由于沟坡经常受到地下水渗出时的渗透压力作用和地面径流的冲刷作用,加之沟内滞涝时还受到波浪的冲刷作用等,沟道边坡容易坍塌,故排水沟道的边坡系数一般比灌溉渠道的边坡系数大。本标准表 7.2.10 所列的土质排水沟最小边坡系数根据我国南方和北方平原地区土质排水沟常用的经验值综合而成,可供土质排水沟设计时选用。排水沟开挖深度大于 5.0m 时,为满足边坡稳定的需要,应从沟底以上每隔 3m~5m 设宽度不小于 0.8m 的戽道。位于设计水位以上的边坡,其最小边坡系数可略小于本标准表 7.2.10 所列数值。位于淤泥、流沙地段的排水沟道,其边坡系数可能需加 6~10,但占地会增加较大,设计中是选择加大边坡系数还是采取防护措施,需要通过经济技术比较确定。

7.2.14 为防止因流速过大造成排水沟道冲刷,或因流速过小使沟底产生泥沙淤积,要求排水沟的设计平均流速应小于允许的不冲流速,同时应大于不淤流速。本标准规定的排水沟和排洪沟最小流速不宜小于 0.3m/s,这是为了防止沟槽过水时易长杂草而引起阻水,但符合这一规定时,应验算满足排水沟道不淤流速条件的要求。

7.2.15 轻质土地区及淤泥、流沙地段的排水沟边坡极易坍塌,使排水沟堵塞,排水不畅,严重影响排水效果。防治排水沟边坡坍塌,应在分析引起边坡坍塌内外因素的基础上,经技术经济比较,选用经济可行的防治措施。黄河内蒙古河套灌区排水沟普遍存在边坡坍塌问题,边坡坍塌的内因是土质,外部因素主要是地下水渗入排水沟时对边坡产生的渗透压力,其次还包括盐碱化降低边坡土体力学指标、降雨冲刷边坡、冻融破坏土体结构及管理不善等人为因素。针对上述引起边坡坍塌的内外因素,河套灌区采用以下综合措施防治边坡坍塌,取得了较好的效果,可供同类地区参考。

(1)塑料薄膜截渗减压防塌措施:在排水沟两侧埋设塑模截渗墙,增长地下水的渗径,改变边坡渗流条件,降低排水沟边坡出逸点,减小边坡逸出带的渗透坡降,使边坡的逸出坡降小于允许逸出坡降,达到稳定边坡的目的。

(2)暗管排水减压防塌措施:在排水沟两侧一定深度埋设与排水沟平行的排水暗管,间隔一定距离设置集水井,垂直于排水沟设出水管,将暗管里的水再排入沟内。排水沟边坡内的地下水排入暗管,降低了边坡内的逸出高度,减小了对边坡的渗透压力,保证排水沟边坡稳定。

(3)顶托梁式混凝土板护坡防塌措施:坡面防护采用混凝土滤水板或混凝土空心板,板后设砂滤料或反滤无纺布,防止坡面产生渗透破坏;在混凝土板下端,顺排水沟内坡脚设托梁,间隔一定距离在沟底垂直于排水沟走向设顶梁,对顶两面边坡脚的托梁,防止护坡混凝土板下滑或倾覆,形成稳定的护坡结构体,保证排水沟边坡稳定。

(4)砂桩排水固坡措施:在排水沟两侧埋设垂直砂桩,采用砂桩排水消散土体内的孔隙水压力,保持孔隙水压力小于正应力,增加土的有效应力来稳定边坡,防止土体液化或滑坡。

(5)褥垫式土工织物加筋排水固坡防塌措施:采用反滤材料在边坡体内铺设排水垫层,控制渗流条件,降低边坡渗透坡降,减小边坡的饱和土体和渗透压力,增加边坡的稳定性。

(6)块石护脚砂砾料护坡防塌措施:护脚采用干砌块石沿水流方向砌筑条形护脚体,防止护坡砂砾料下滑,护坡采用沿边坡先铺设反滤无纺布,再铺设混合砂砾料,形成稳定的护坡结构体,保证排水沟边坡稳定。

上述6种防塌措施中,措施6是比较简单、经济、适用的防塌措施。在实践中,视排水沟边坡坍塌情况,6种措施可单独使用,也可组合使用。

7.2.16 天然条件下的承泄区有时难以全部满足本标准所列选定

承泄区的三项要求,此时可采取的工程措施主要有:

1 在条件允许情况下,可在承泄区上游修建水库,以消减排入承泄区的洪峰流量,降低承泄区水位,为干沟排水创造良好的条件。

2 扩大原有承泄河道或开挖新河,以增加承泄河道的承泄能力或滞涝容积。

3 疏浚承泄河道的河槽和岸边浅滩,清除河槽和浅滩上的阻水障碍;对过于弯曲的河段,应予裁弯取直,以利通畅排水。

4 对不稳定的堤防险段必须进行加固,防止溃决造成意外的损失。

7.2.17 当排水区设计暴雨与承泄区(承泄河道)洪水位同时遭遇的可能性较大时,承泄区(承泄河道)的设计水位可采用与排水区设计暴雨重现期相应的洪水位,但应考虑排水时引起的水位壅高;当排水区设计暴雨与承泄区(承泄河道)洪水位同时遭遇的可能性不大时,承泄区(承泄河道)的设计水位应根据各地区的具体情况确定,可采用与设计排水历时相应的多年平均高水位。如从偏于安全出发,也可采用与排水区设计暴雨重现期相应的洪水位。承泄区为外湖时的设计水位一般需经调节计算确定。有时还需根据湖区地形条件和防洪安全要求等分析确定。承泄区为感潮河段时,其设计潮位的确定原则上与一般承泄河道设计水位确定的方法相同,但应考虑潮汐的影响,即一般可取排涝设计标准为 5a~10a 重现期、排水历时为 3d~5d 的平均高潮位作为承泄河道的设计水位。

7.3 暗管排水

7.3.1 暗管排水系统一般由吸水管、集水管(或明沟)及附属建筑物组成。吸水管一般指埋设在田间的最末一级暗管,其作用是直接排除土壤中因降雨或灌溉入渗而产生的多余水量或由侧向地下径流和下部含水层补给的多余水量,以调控农作物根系活动层内

的地下水位,防止农田受渍。集水管作用是及时汇集并排泄吸水管来水,相当于田间末级固定排水沟(农沟)。吸水管与排水明沟(末级固定排水沟)直通时称单级暗管排水工程,吸水管与集水管连接时称双级或多级暗管排水工程。用于排水控制和管路检修的附属建筑物主要有检查井和控制口门,有的暗管排水系统还设有节制井、通风井等。

暗管埋深可比明沟深度大,且密度不受限制,因此在降低地下水位方面可比明沟降得低,特别是不占地,不妨碍机耕机收,不存在明沟的边坡坍塌问题,是暗管排水系统的突出优点;但暗管只能排除地下水,不能直接排除地表涝水,同时工程投资大,维修管理比较麻烦,目前我国主要只在人多地少、生产发展水平较高的地区采用。

7.3.2 为有利于吸水管能充分吸聚地下来水和集水管集、排通畅,根据排水工程实践经验,吸水管管线与地下水的流动方向的夹角不宜小于 40° ,集水管与吸水管管线之间夹角不应小于 30° 。为减少暗管开沟铺设的工程量,要求在吸水管作用下的渗流方向与修整后的地面坡向一致,集水管亦宜顺地面坡布置。

为了不影响灌溉渠道的控制运用,要求各级排水暗管的首端与灌溉渠道的距离不宜小于3.0m。

检查井是为管路清淤、检修而设置的附属建筑物。修建在道路或渠、沟两侧的检查井,是为了便于检查和维修穿越道路或渠、沟段的管路而设置的。修建在集水管的纵坡变化处或集水管与吸水管连接处的检查井,在有的排水区被称为集水井或排水井,是为了便于检查和维修纵坡变化段或连接段管路而设置的。为了保持通畅排水,检查井的上一级管底应高于下一级管顶100mm,同时井内应预留300mm~500mm的沉沙深度,以利沉沙。

为便于田间水管理,当稻田区一块田内只有一条吸水管时,宜逐条设置排水控制口门;当有两条或两条以上吸水管时,可按田块多条集中设置。

在透水性较差的黏性土地地区,为及时排除田间雨涝积水或犁底层的上层水,在埋设暗管的基础上,可在田间增设浅密明沟、鼠道,构成复合式排水网络,以加速排除涝渍水量,提高除涝治渍效果。但应注意,鼠道不能与吸水管直接连通,以防止鼠道排水时挟带泥沙流入吸水管,造成吸水管淤堵。

7.3.3 吸水管的埋深与间距共同影响控制地下水位的深度。当埋深大时,间距可相应增大,当埋深小时,间距也可减小,应通过经济技术比较选择吸水管的埋深与间距。但吸水管的允许最小埋深,应满足地下水位设计控制深度的要求。

确定吸水管间距的三种方法虽均可采用,但各有其实用意义。田间试验法最符合当地实际情况,因而试验成果最为合理;但需一定的试验经费和试验时间,不可能对各类渍害田和盐碱化土地都同时开展试验。公式计算法(见本标准附录 G)是在对自然条件进行概化后,利用渗流理论计算确定吸水管间距的方法,使用方便;但因有关参数不易测准,因而影响计算成果的准确性,特别是每一个计算公式都有其特定的初始条件和边界条件,如果盲目选用,计算成果可能出现很大的差异。经验数值法是一种经验性的方法,本标准表 7.3.3 是我国排水工程实践经验的概括,可供无田间试验资料时选用。

7.3.4 本标准表 7.3.4 所列的排水流量折减系数系根据美国垦务局《排水手册》中有关数据作适当合并、调整而成,并结合我国暗管排水工程现状,本标准表 7.3.4 仅列出排水控制面积 200hm^2 以下的排水流量折减系数。

7.3.5 排水暗管的断面结构形式除常采用圆形断面结构外,还包括了各种材料砌筑、浇筑而成的多种断面结构形式。本标准式(7.3.5-1)及式(7.3.5-2)水力计算公式,适用于各种断面结构的排水暗管(沟)的水力计算,是工程设计中各种断面排水暗管(沟)水力计算的基本公式。由表 11 可以看出,排水暗管(沟)满流时,虽然过水断面最大,但流速并非最大,其输水流量小于非满流的输

水流量。当充盈度取 0.8 时,非满流与满流的输水流量基本相同,但非满流的输水流速增加,排水效果更好。因此工程设计中排水暗管(沟)宜取充盈度为 0.6~0.8 的非满流输水进行水力计算。

表 11 满流和非满流圆管水力要素关系表

充盈度 a	断面比 $\omega/\omega_{\text{满}}$	水力半径比 $R/R_{\text{满}}$	流速比 $u/u_{\text{满}}$	流量比 $Q/Q_{\text{满}}$
0.1	0.052	0.254	0.401	0.021
0.2	0.143	0.482	0.615	0.088
0.3	0.252	0.684	0.776	0.196
0.4	0.373	0.857	0.902	0.337
0.5	0.500	1.000	1.000	0.500
0.6	0.620	1.110	1.072	0.671
0.7	0.784	1.185	1.120	0.838
0.8	0.858	1.217	1.140	0.988
0.9	0.949	1.192	1.124	1.066
1.0	1.000	1.000	1.000	1.000

7.3.8 为使排水暗管内不出现淤积的情况,要求管内最小流速不应小于 0.3m/s。为防止由于吸水管两端埋深差异过大,造成田块内土壤水分不均匀而影响农作物的正常生长,本标准规定地形平坦地区,吸水管首末端高差不宜大于 0.4m。

7.3.9 如果吸水管和集水管内径过小,由于泥沙沉淀、根系伸入等原因,管内极易淤堵,所需疏通费用较大,且将缩短管的使用年限,因此本标准规定吸水管实际选用的内径不得小于 50mm,集水管实际选用的内径不得小于 80mm。在集水管的汇流面积较大,长度较长的情况下,可分段采用不同的内径,以节省工程投资。

7.3.10 为防止由于管道淤积造成过水能力的降低,排水暗管实际采用的断面积应大于计算断面积。因吸水管直径比集水管直径小,在相同淤积量的情况下,吸水管过水能力所受的影响比集水管

大,因此吸水管的加大倍数应比集水管大。按设计排水流量的60%~70%求得吸水管的加大倍数为1.43~1.67,取其平均值约为1.5倍;按设计排水流量为75%~80%求得集水管的加大倍数为1.25~1.33,取其平均值约为1.3倍。

7.3.11 在吸水管周围设置外包滤料,主要是为了防止土粒随水流进入吸水管引起淤堵,并改善吸水管周围的水流条件,增大进水量,以保证良好的排水效果。吸水管周围设置的外包滤料有天然有机材料、无机材料和人工合成材料三类。天然有机材料如秫秸、芦苇、棕皮等,多用于土壤淤积倾向较轻的地区,其中有的滤料虽取材容易,施工方便,但较易腐烂;无机材料如沙砾、石屑、炉渣等,是较好的滤料,目前使用广泛;人工合成材料如透水泡沫塑料、土工织物、玻璃纤维等,也是较好的滤料,但玻璃纤维在铁锰含量较高的土壤中不宜使用。

本标准表7.3.11所列土壤有效粒径与外包滤料粒径级配关系数据系美国垦务局按滤层选用准则通过试验确定的。

外包滤料的厚度目前多数是根据当地实践经验选取的,一般为100mm~200mm。本标准规定的散铺外包滤料压实厚度,系根据国内外有关资料综合确定的。必须指出,由于暗管排水作用水头比闸坝作用水头小得多,因此其外包滤料厚度不要求按反滤层进行设计,只需采用一种混合滤料即可。土壤的淤积倾向可用黏粒含量与粉粒加细沙粒含量的比值 R_g 作为判别指标。 $R_g \geq 0.6$ 时,无淤积倾向; $R_g = 0.5$ 左右时,淤积倾向较轻; $R_g < 0.4$ 时淤积倾向较重。

根据国外有关资料介绍,对于土壤淤积倾向的判断方法除本标准采用的黏粒含量与粉粒加细沙粒含量比值法外,尚有粒径均匀系数法和塑料指数法等。本标准采用的黏粒含量与粉粒加细沙粒含量的比值 R_g 判断指标,系由湖北省嘉鱼县暗管排水试验区开挖检查和取样分析总结得出的。

随着化纤材料的发展,使用薄层化纤织物作为排水暗管外包

滤料日益增多,但因目前积累的经验还不多,因此选用化纤织物作为排水暗管外包滤料应通过试验确定。近年来,土工织物在暗管排水工程中日益得到广泛的应用。本标准式(7.3.11)是初步选择土工织物的依据。作为排水暗管外包滤料的土工织物,按其使用功能应能满足稳定性和透水性两方面的要求。在稳定性方面,要求 $O_{90}/d_{85} < 4$;在透水性方面,要求 $O_{90}/d_{85} > 4$ 。由于暗管排水的作用水头一般都不大,因此选择土工织物作为排水暗管外包滤料时,可以不发生涌沙为条件,只需满足透水性要求标准的下限,而略超过满足稳定性要求标准的上限即可,故定为 $O_{90}/d_{85} \approx 4$ 。

7.4 井 排 水

7.4.1、7.4.2 井排水主要是利用机井控制地下水位,为农作物提供良好的生长环境。排水井设置应主要依据排水区地层岩性特征条件选择相应的结构形式。

7.4.7 井排水区的地下水位设计控制深度、排水量、排水模数、排水历时、排水井数量等排水设计参数,应通过分区专门试验或采用试验与理论计算相结合的方法确定,缺少试验资料地区,应综合排水任务、目标、水文地质条件等因素分析确定。

排水井数量及井型是由排水任务目标、设计标准、水文地质和边界条件等综合因素决定的,在排水目标及设计标准确定条件下,不同水文地质参数和边界条件地区其排水井数量、深度、井距差异较大,通常情况下,集中时间排水时需要井数较多,非集中时间排水时需要的井数较少,因此设计中应综合考虑这些因素。

8 渠系建筑物基本规定

8.1 一般规定

8.1.1 渠系建筑物的设计,包括其服务对象和范围、规划布局、座数、设计方案、结构形式、施工方法、投资以及在某等级同一条渠道上所有渠系建筑物产生的总水头损失值等,均应满足渠道工程总体设计的要求。

8.1.2 渠系建筑物设计在经济发达地区可优先采用斜拉式桥(渡槽)、预应力混凝土结构等先进技术和精密量水等仪器,并借鉴已往成功的经验。同时应满足各地区渠道可能突出存在的抗冻、抗震、防泥沙淤积等特殊要求,并进行相关专题的研究。

8.2 总体布置原则

8.2.2 本条所述的“急坡”是指渠道纵坡大于其临界坡度的水力学专用名词。由于急坡所具有的水力学特性,在急坡段将会发生分水闸不能正常引水、下游产生冲击折射波强烈冲刷渠槽、水流跃出渠槽等严重后果。

8.2.3 渠道长度和范围大,渠系建筑物有条件时宜尽量避开不良地质渠段,或者在不良地质渠段中选用比较容易处理的渠段,努力降低地基处理费用和缩短处理时间。当受条件限制,渠系建筑物确需修建在不良地质渠段上时,则应分析研究采用适宜的布置方案、结构形式和工程措施使其达到设计要求。

8.2.4 做到本条对几种建筑物布置原则的规定,则可基本满足水力条件好和工程量小的要求。条文中采用“宜”字的规定还兼顾了其他因素的综合要求。例如,分水闸或设于渠道一侧的泄水闸,其中心线与上级渠道中心线的夹角不宜为 90° ,以有利于引水、泄

水;连接与渠道斜交公路的农桥在安全范围内也可不是正交以方便交通等。

8.2.5 明流流态的水头损失较小,能使渠道控制较大的灌溉面积。

8.3 结构设计计算基本规定

8.3.1 采用外形优美的新结构需要额外的资金支持,故本条对使用范围做出了一定限制。

8.3.3 根据全国经验,使用强度等级为 C25 以上的混凝土所增加的投资有限,但混凝土的抗碳化能力有很大提高。在重要部位如渡槽槽身、倒虹吸管管壁、涵洞洞壁、隧洞混凝土衬砌等部位,止水发生破坏的可能性较大,采用两道不同形式止水的规定是确保建筑物安全正常运行的必要措施。

8.3.5 长期以来,渡槽的风压力一直参照现行行业标准《工业与民用建筑结构荷载规范》TJ 9 及其以后的修订版给出的方法及公式进行计算。但渡槽和工业与民用建筑有较大区别,特别是风压力公式中的风载体型系数,工业与民用建筑不能完全概括渡槽的体型情况。近些年,同济大学土木工程防灾国家重点实验室根据水利工程中出现的渡槽风毁情况,对渡槽进行了风洞实验,提出并发表了有关研究成果,其风载体型系数 u_s 值见附录 J.0.5 表 J.0.5-3 中的槽身部分。该表中的排架、拱圈及槽墩的风载体型系数参考现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 定出,桁架部分则主要参考现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 定出。在计算排架或拱肋风压力时,是否考虑前肢(或肋)对后肢(或肋)的影响,视渡槽布置情况确定,为安全计通常不予考虑。表 J.0.5-1 的风振系数 β_z 取自现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60。对于重要的高排架梁式渡槽的抗风计算还应参考有关书籍进行。

温度荷载对大体积水工混凝土建筑物的影响一直受工程界重视,但对于渠系建筑物的影响则研究甚少。从国内已建渠系建筑

物的情况看,如渡槽、倒虹吸管,基本上是无槽不裂、无管不裂,这与设计中未充分考虑温度应力有密切关系。由于渡槽、倒虹吸管长期经受持续变化的日温、日照辐射及槽、管内水温的影响,并在外表面与外界进行着持续复杂的热交换,产生了相当大的温度应力。温度变化主要来自两方面:一是施工期混凝土在凝固过程中发生的水化热引起混凝土体内温度发生变化;二是混凝土结构在运行期间,受周围介质温度变化而导致混凝土结构发生温度变化。为此,除应分析探索渡槽、倒虹吸管的温度应力计算方法之外,更加重要的是设计中必须采取遮阳、苫盖、埋藏等针对性强的保温措施,只有将温度变差降低到最低程度的前提下,才能有效防止因温度变化而引起的混凝土开裂。本标准附录 J.0.4 给出了渡槽及倒虹吸管温度荷载的计算方法,温度应力可由结构力学方法求得。

8.4 地基处理原则

8.4.1 地基处理费用占渠系建筑物总造价的比例常较大,因此宜避开不良地段,无法避让时,应对不良地基采取处理措施。

8.4.2~8.4.5 地基处理的方法很多,发展也很快,建筑、公路行业均单独发布了地基处理规范。本标准只提示性地做了原则规定。

9 渡 槽

9.2 总体布置

9.2.2 渡槽位置选择主要是选定渡槽中心线及槽身起止点位置。渠系规划布置时,已从全局考虑确定了渡槽的位置。对于地形、地质条件简单且长度不大的渡槽,一般无多大选择余地。对于地形、地质条件复杂、长度大的大、中型渡槽,渠系规划布置所定的跨越溪谷、河流的槽址位置可在数十米、数百米乃至数千米范围内变化。可以找寻地质条件较佳的位置,还可以用渠道沿河沟绕向上游后再设渡槽以求减小渡槽的跨度或降低高度等。特别是对跨越宽度很大河流的大型渡槽,当河势复杂、每延米渡槽造价又很高时,往往应找出几个较好槽址的位置,通过方案比较论证后选定。

对于跨越较大河流的大、中型渡槽,其长度和跨度的确定以不对当地防洪排涝规划造成大的影响为准,为此宜进行壅水计算,就初拟渡槽长度和跨度复核各有关频率洪水对应的河道最高洪水位,并通过分析论证确定渡槽长度。

9.2.4 渡槽进、出口建筑物尽可能布置在挖方渠道上,如因条件限制需布置在填方渠道上时,根据经验,填方高度(从渠顶算起)宜在6m~8m以内,且应做到填方沉陷小、接头可靠。

槽身与两岸渠道或其他建筑物连接处,应做好防渗排水处理,以防止接缝漏水而影响渠坡及渡槽安全。对于大、中型渡槽,必要时应进行防渗计算,验算渗流逸出处的渗透稳定性,以免发生管涌或流土,危及渡槽进、出口的安全。

渐变段与槽身间常因各种需要可再设置一节连接段,其长度应由布置要求决定,其与渐变段间的接缝需设止水。

渡槽进、出口两端的急弯会造成槽内水流不平稳或发生壅水

现象,严重影响渡槽过流能力。重要渡槽宜通过水工模型试验检验弯道的布置效果。

渐变段两侧一般为挡土墙结构,其形式与长度直接影响工程量的大小和施工难易。收缩角或扩散角越小,则水流条件越好,水头损失越小,但渐变段长度随之增加,工程量及造价会提高。故应通过分析比较,选择经济合理的长度(收缩角或扩散角)。

渡槽槽身接缝漏水是一普遍现象,已成为严重威胁渡槽安全运行和浪费水量的突出问题,在设计和施工中应给予高度重视。止水形式主要是选择止水结构形式及止水材料。在结构形式上,宜采用既能适应变形又不至于在止水带中产生较大应力,并做好接缝口设计。在止水材料方面,应根据渡槽伸缩形状、变形和运行环境等因素综合考虑选择。

9.3 结构形式和构造

9.3.1 渡槽结构形式的选择主要是选定槽跨段各组成部分(槽身、支承结构及基础等)的结构形式、材料和跨度。

梁式、拱式及桁架式渡槽是较常用的渡槽形式。斜拉式渡槽是以墩台、塔架为支承,用高强缆索将梁以弹性支承形式吊挂在塔架上的输水结构。斜拉结构较早地用于桥梁,20世纪80年代在渡槽中引入了这一结构形式。20世纪80年代末在渡槽工程建设中应用了拱梁组合式这一新型结构形式,拱梁组合式是用槽身作为桁架拱的上弦杆,和竖杆(排架)、下弦杆(拱)组成整体,联合作用、共同受力。 π 形拱渡槽是最简单的拱梁组合式渡槽,即用两根斜杆代替竖杆和下弦杆,与槽身组成联合受力的 π 形刚架。

对于大型、特大型渡槽,其荷载特别大,纵向支承以梁式为主。地形、地质条件对渡槽结构形式选择起重要作用。如地形平坦、槽高不大,宜采用梁式渡槽;对窄深的山谷地形,如两岸地质条件较好,宜建大跨度拱式渡槽;又如对跨越河流的渡槽,如河道水深流急、槽底距河床高度大,而滩地部分的槽底距地面高度不大,则可

在河槽部分采用拱式或其他形式的大跨度渡槽,在滩地则采用梁式、桁架式或中、小跨度拱式渡槽等。建筑材料有时对确定渡槽类型起重要作用,应贯彻就地取材和因材设计的原则。施工方法还应根据渡槽规模、可使用的经费、施工场地和交通运输条件、施工进度要求等,综合分析比较后选定。

9.3.2 目前,在大、中型渡槽工程中,越来越多地采用了预应力钢筋混凝土结构,该结构可以显著地提高渡槽的承载力及抗拉能力以减少裂缝、减轻自重、加大跨度。根据槽身在使用阶段的受力状态,可在槽身纵向,或纵、横两向,或纵、横、竖三向施加预应力。施加预应力方法有先张法和后张法,渡槽工程多用后张法。但采用预应力需增加机具设备,施工方法也较复杂,相应地也增加了投资,应针对每一工程的具体情况经技术经济比较论证后选定。

9.3.3 中、小型渡槽槽身横断面采用的是单槽的矩形或 U 形断面形式,当跨度及槽身荷载较大时,为减小槽壁厚度可于槽身横向加肋或槽底设置纵梁。多厢互联式矩形槽是近年来为适应如南水北调这样一些过水流量大的特大型渡槽的需要而发展起来的一种形式。其特点是,在槽中加设纵向隔墙,将输水结构与承重结构相结合,承载力大大增加,并可提高渡槽的纵向跨越能力,减少下部支承结构的工程量,但分槽不宜过多。U 形渡槽若采用多槽互联,仅在直壁段互联,节省材料有限,但施工复杂,故采用多个单槽形式更合适。

对于跨宽比大于或等于 4 的梁式 U 形槽身,槽底弧形段常加厚是用以加大槽身纵向刚度并便于布置纵向钢筋。但对于跨宽比小于 4 的 U 形槽身,计算研究表明,横向应力是控制条件,底部若加厚,反而使横向应力状态恶化。

9.3.4 梁式渡槽纵向结构形式除简支梁式、双悬臂梁式外,还有单悬臂及连续梁式。单悬臂梁式一般只在双悬臂梁式向简支梁式过渡或与进、出口建筑物连接时采用。连续梁式槽身虽较简支梁式槽身受力条件好,但各支点较难保证连续梁式的支承要求,因而

对地基要求高,故采用较少。规范中给出简支梁式和双悬臂梁式的常用跨度及每节长度范围仅是统计的一般情况。大型渡槽采用预应力结构后,其跨越能力大大提高,采用较大的跨度较为经济,而且外形协调、美观。在同样槽身断面尺寸条件下,如何结合支承方式,进行经济跨度的选择是需要研究解决的问题。

9.3.5 跨度、矢高、拱宽及拱脚高程是主拱圈(也是拱式渡槽)的基本尺寸,一经选定,主拱圈的应力及稳定便基本定局。矢跨比的选定将影响到拱圈的力学特性、拱圈的变形、稳定及施工难易等一系列问题,过大或过小均不利。规范中给出的矢跨比的选用范围是根据实践经验得出的,可供参考。

宽跨比对主拱圈的横向稳定性影响很大,为了满足横向稳定,一般要求宽跨比大于 $1/20$ 。但该值并不能确切表明主拱圈的横向稳定性,我国一些大跨度渡槽,宽跨比虽小于 $1/20$,但拱在横向仍是稳定的。反之,如果拱结构的刚度和整体性差,宽跨比虽大于 $1/20$,拱在横向仍可能是不稳定的。为了有效地增强这类大跨度、小宽跨比渡槽的侧向稳定性,近些年,我国先后修建了一批拱体变宽、造型新颖、布局轻巧的板拱及肋拱,其跨径在 $80\text{m}\sim 100\text{m}$ 以上,最小宽跨比达 $1/50\sim 1/40$,取得了良好效果。合理选择主拱圈拱轴线形式是减小拱圈内最大压应力,减小甚至避免出现拉应力的重要措施。一般小跨度拱式渡槽的主拱圈可采用圆弧拱;跨度较大的实腹式和横墙腹拱式拱上结构下面的主拱圈宜采用悬链线拱;跨度较大的排架式拱上结构下面的主拱圈常采用二次抛物线拱或高次抛物线拱。

9.3.6 梁式桁架是指在铅直荷载作用下,支承点只产生竖向反力的桁架,其作用与梁同,称梁式桁架。有简支和双悬臂两种形式。桁架梁式渡槽与梁式桁架不同的是,以矩形截面槽身的侧墙和 $1/2$ 槽底板(呈 L 形)取代梁式桁架的下弦杆或上弦杆而成,取代下弦杆的称下承梁式桁架渡槽,取代上弦杆的称上承梁式桁架渡槽。

拱式桁架渡槽由于兼备桁架和拱结构的有利因素,故能充分

发挥材料的受力性能,其主要缺点是杆件较纤细,制作较复杂,对混凝土浇筑和施工吊运要求较高。但由于其优点较多,如果在承受拉力的弦杆(如下承拱式桁架的下弦杆)再结合施加预应力,则其优点更为突出,故在一些流量较大的渡槽中采用较多。目前,南水北调工程中的一些特大型渡槽在方案比较中也采用了桁架拱渡槽。

9.3.7 混合式墩架不仅用于跨越河流的渡槽,当槽高较大,用加大立柱截面尺寸以满足稳定要求不经济时,或位于两岸山坡上的排架,为了防止排架立柱因承受土压力而断裂时,均宜采用下部为重力墩,上部为排架的混合式墩架。这时,重力墩以上的排架高度由柱的稳定(纵向弯曲)计算决定。

桩柱式槽架的桩柱在横槽向可以是单根、双根或多根,在柱顶浇筑盖梁,其上搁置槽身。槽架高度大于6m时,两柱间应设置横梁。

对于两种跨度不等的不对称槽墩,应采取措施来改善墩体及其地基受力条件,满足稳定和强度要求。一般采取的措施是,跨度大的一侧宜采用较大的矢跨比和较轻的拱上结构并降低拱脚高程;跨度小的一侧则采用较小的矢跨比和较重的拱上结构并抬高拱脚高程。

在实际工程中,多跨拱式渡槽每隔3跨~5跨应设加强墩,有的小型多跨连拱渡槽,甚至连续十余跨才设一个,常用的加强墩有重力式、柱墩式和桁架式等结构形式。

9.4 水力设计

9.4.1 按设计流量工况确定了渡槽各处底部高程后,还应按通过加大流量工况进行水面衔接校核,控制槽身首末端及渡槽上、下游渠道中不存在太大的壅水、落水现象。

对于进、出口渐变段的局部水头损失系数国内外均做了大量研究工作,指出局部水头损失系数不仅与渐变段形式有关,还

受水面收缩(扩散)角的影响。现有各种资料列出的进、出口局部损失系数 ξ_1 、 ξ_2 均有出入,而且每种渐变段形式所列值均有一定变化范围,使局部水头损失系数的选用带有一定的任意性。不过对于长渡槽,如果所选用的损失系数值不是相差很悬殊,计算成果的出入并不大。因此,对于允许水头损失值较大的中、小型渡槽,可按附录 K 中的表 K. 1. 2 取用 ξ_1 、 ξ_2 值;但对于允许水头损失值很小的大型渡槽,则应通过水工模型试验求得合理的 ξ_1 、 ξ_2 值。水流通过渡槽的总水头损失 ΔZ 中,进、口水头损失之和常在 $0.1\text{m}\sim 0.3\text{m}$ 之间,故长度大的渡槽, ΔZ 值主要决定于槽身的沿程水头损失 $Z_2 = iL$,即主要决定于槽底纵坡 i 。但 i 值的选择不仅影响渡槽的总水头损失,而且还对槽身过水面积、槽中流速、工程量大小、工程总投资以及自流灌溉面积的大小等均将产生一系列影响,故 i 值的选定在渠系规划布置中即应引起充分注意,以免造成工程设计的被动局面而增加设计工作量和拖延设计时间。

实际工程中,部分渡槽进口前设有泄水闸,而且由于地形条件限制及为了减少工程量,泄水闸多紧靠槽身设置在进口一侧,使进口连接段变成不对称形式,这种不对称布置的进口连接段,其局部水头损失系数应较对称布置情况下进口渐变段的值为大,初步考虑时,进口局部水头损失可采用 0.3,对重要渡槽准确值应通过水工模型试验确定。

在寒冷地区,渡槽出口端与渠道的连接宜设计为正坡,以免冬季停灌后,渠道或建筑物结冰,造成冻融破坏。

本条第 6 款所述的河床冲刷问题十分复杂,对于重要渡槽或跨越大江大河的渡槽,常常是采用多种方法进行分析比较。例如,南水北调中线穿黄河工程比较方案中的弧柏嘴穿黄渡槽槽墩的局部冲刷,主要是依据局部模型试验,但同时也将试验值与计算值、黄河实测的桥墩冲刷深度以及本河段的整体模型试验等进行分析对比,确定最大局部冲刷深度。对于跨越河流的一般渡槽,则常用公式计算确定。如果选用的计算公式中所需资料数据缺乏时,应

将基底埋深安全值适当加大,并参考槽址附近条件类似桥墩冲刷深度加以确定。目前在渡槽工程中采用较多的是参照现行行业标准《公路工程水文勘测设计规范》JTG C30 中的公式。

河床自然演变的冲刷深度,目前尚无可靠的计算方法,一般多通过调查或利用槽址上、下游水文站历年实测断面资料,根据河道特性及历史演变情况分析确定。

9.4.2 渡槽布置形式多样,常出现由于渡槽布置形式、出口转弯过急、下游渠道横断面、纵坡变化等情况而影响渡槽过流能力的事例,因此强调对 1 级~2 级进行水工模型试验是必要的。

9.5 结构设计

9.5.6 进行矩形槽身纵向结构计算时,对于简支及等弯矩双悬臂梁式槽身的跨中部分底板,因处于受拉区,故在强度计算中不考虑底板的作用,但在抗裂验算中应加以考虑。如底板处于受压区(双悬臂梁式槽身),只要底板与侧墙的结合能保证整体受力,就应按翼缘宽度的规定计入部分或全部底板的作用。对于 U 形槽身,由于断面形式较复杂,纵向配筋多按总拉力法计算,即考虑受拉区混凝土已开裂,不能承受拉力,因而形心轴以下全部拉力由钢筋承担。

对于大、中型预应力槽身结构,其三维受力效应明显,设计中宜采用梁理论与弹性理论相结合的分析方法,即先按常规的结构力学方法,分别按纵向和横向进行内力计算,初步确定预应力筋及普通钢筋数量并进行钢筋布置,然后分析结构在外荷载作用及预应力作用下的应力,进行初步的抗裂验算。但上述结构力学分析方法难以反映大型预应力槽身结构的应力分布以及纵、横、竖向相互影响的空间效应,故在结构及配筋方案基本确定后,需再进行槽身结构三维有限元分析验证。

9.5.8 根据主拱圈组合内力验算主拱圈强度及稳定性时应注意,对跨度较大的空腹拱式渡槽主拱圈,最大弯矩及相应的应力不一

定产生在拱顶及拱脚截面处,而产生在靠近拱顶和拱脚的集中力作用的截面处,如果这些截面的尺寸满足安全要求,而且也不保守,则认为原拟结构尺寸合适。否则,应根据验算成果调整结构尺寸,再做验算。

土质地基上的超静定拱,墩台位移后引起拱的塑性变形,计算墩台位移引起的拱圈附加应力应考虑塑性变形的影响,将其按弹性变形计算的附加应力折减 50%。

9.5.10 中、小型渡槽荷载较小,采用的是一端两支点的支承方式。但对于大型渡槽,如南水北调工程中的渡槽,荷载大,一般采用多槽形式,当选用矩形断面时,往往多槽互联,此时,槽身两端形成多点支承,支座变位及承载力分布复杂,应进行专门研究分析。支座的材料及结构形式对渡槽的减震效果影响很大,地震烈度 7 度以上地区的大型渡槽应包含支座结构进行整体动力有限元分析和抗震性能的试验研究。

9.6 地基与基础

9.6.1~9.6.3 水利行业没有专门的地基与基础的行业标准,设计时主要参考其他行业标准,过去参考使用较多的是国家现行标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63、《铁路桥涵设计规范》TB 10002、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG D62 和《建筑地基基础设计规范》GB 50007。这些规范,有的采用允许应力设计法,有的采用以概率论为基础的极限状态设计法,而且表达式也不同。在参考使用其他行业标准设计渡槽基础时,必须充分注意渡槽的特点。其最大特点是,基础所受竖向荷载远大于工业民用建筑及公路、铁路桥梁,而且还受水环境对他产生的许多直接作用以及由风和浪等所产生的巨大水平力作用,这就使其在设计理论和施工技术中有许多需要考虑的特殊问题,如基础类型的选择、基础埋深的确定、外荷载的计算以及地基承载力与沉降量的确定等。这些均不能完全套用工业与民用建筑和桥梁的

地基基础设计规范,应对所设计渡槽的基础的各种影响因素进行综合分析后,通过研究,必要时进行试验来加以确定。

9.6.9 在我国大、中型渡槽工程中,桩基采用较多,这是因为大、中型渡槽的荷载一般较大,而槽址处地基情况往往很复杂,整个槽段地基均较好,并能满足承载力及沉降量要求的较少,故在大、中型渡槽中桩基使用较广泛。据不完全统计,在大、中型渡槽中,整个槽段或部分槽段采用桩基的占50%以上,可见桩基使用的普遍性。对于特大型渡槽,由于其上部荷载大,地基承载力难以满足要求,更是需要采用桩基。在渡槽桩基中又以技术比较成熟的钻孔灌注桩使用得最多。钻孔灌注桩可作为排架或重力墩和槽台等的基础,也可向地面以上延伸而做成桩柱式槽架。

渡槽工程桩基设计时,应结合渡槽的结构形式及所在地的具体情况选择合适的规程及设计方法。在桩基设计中,桩基承载力的确定是关键,其计算公式很多,规范所用公式也不尽相同,故应结合所设计渡槽的具体情况采用合理的公式。单桩竖向承载力有现场静荷载试验法及静力学公式计算法。对于重要的大型渡槽,宜通过现场静荷载试验,并结合静力触探、标准贯入等原位测试方法综合确定。单桩水平承载力常用“m”法进行计算,大量试验和工程实践验证,“m”法比较符合实际,单桩水平承载力的确定有水平静载试验和计算分析两类方法,水平静载试验最能反映实际情况。

9.6.10 沉井基础是铁路部门习惯采用的成熟技术,特点是不需要钻机等大型设备、依靠人工便可施工,适用于多个基础同时施工、上部荷载大、覆盖层厚度小于30m、没有顽石、树根和不易粉碎挖出障碍等情况。

10 倒虹吸

10.2 总体布置

10.2.2 有关倒虹吸管管线的布置原则说明如下:

1 采用直线、正交布置的管线通常工程量较小。

2 高差大的倒虹吸管,其管身露天敷设虽有开挖工程量小、便于检修的优点,但在气温影响下内、外管壁将产生较大温差,易引起纵向裂缝而漏水,故钢管以外的倒虹吸管一般均浅埋于地面以下。试验表明,管道埋于地面下对减小温差应力的作用较显著。同时试验还表明,当埋深大于 0.8m 时减小内、外壁温差的作用已不明显,且增大了土压力及填土工程量,故埋深一般以 0.5m~0.8m 为宜。其余情况的埋深均出于管道安全的要求。

3 倒虹吸管内应无空气,以免发生气蚀破坏。

4 倒虹吸管两端可采用斜(缓)坡式或竖井式结构。一般来说,岸坡较缓者,宜采用斜(缓)坡式结构;反之,岸坡较陡或者流量不大、压力水头较小的跨路工程,则采用竖井式结构且井底常设 0.5m~0.8m 的集沙坑。一般来说,竖井施工的难度和造价大于斜(缓)坡式结构,但因当地具体条件所限,较大型甚至大型的工程也有采用竖井式结构的。如重庆主城区过江排污工程,设计流量 $16.2\text{m}^3/\text{s}$ 、工作水头 67.5m、横穿长江河段水平长 900m,为三条 $D=2\text{m}$ 圆形断面的隧道,进出口两端均采用竖井式布置;又如南水北调穿黄河工程的孤柏咀倒虹吸管,采用两条 $D=8.2\text{m}$ 的隧道,长 3.5km,每条隧道的设计流量为 $220\text{m}^3/\text{s}$,加大流量为 $250\text{m}^3/\text{s}$,进口利用施工竖井采用竖井式结构,为便于将来检修,出口布置为斜井式;再如南水北调穿越白河的渠道倒虹吸管,河道

宽 2000m,其中主河宽 500m,设两个并列箱体,每箱设 2 孔,每孔过流能力为 $82.5\text{m}^3/\text{s}$,两岸进、出口均采用 1:4 的斜井形式。总之,倒虹吸管两岸进、出口形式的确定应因地制宜、通过技术经济比较后确定。

10.2.3 管道形式包括管道、管床选型、管身布置形式和管道材料选择等方面内容:

1 倒虹吸管的断面形式主要有圆形与矩形两种。圆形断面由于受力条件及水力条件均好,以往多采用圆形断面,只有小型跨道路工程(管径 $D \leq 600\text{mm}$)采用矩形断面。随着引滦入津、南水北调和平原区大型灌区的发展,许多低水头、大流量倒虹吸管工程为方便施工,多采用矩形箱涵。例如南水北调滹沱河倒虹吸,设计流量 $170\text{m}^3/\text{s}$,加大流量 $200\text{m}^3/\text{s}$,采用矩形箱涵式钢筋混凝土管身,为 3 孔一联结构,单孔断面 $6.0\text{m} \times 6.2\text{m}$ 。又如北京永定河倒虹吸,设计流量 $Q = 50\text{m}^3/\text{s}$,加大流量为 $60\text{m}^3/\text{s}$,采用 4 孔一联,单孔断面为 $3.8\text{m} \times 3.8\text{m}$ 的矩形箱涵式。目前的工程现状是:高、中水头的小流量倒虹吸管多采用圆形断面,低水头、大流量倒虹吸管,多采用矩形箱式断面。结合地形、地质条件和管座形式,经过论证还可以采用其他合适的断面形式。

2 管身通常采用地埋式和桥式两种布置形式,应视当地的地形、地质条件、河沟水文气象条件以及运行要求,经技术经济比较而定。一般来说,地埋式比桥式经济,但通过深沟大河时也常采用桥式露天布置。例如深圳大坝河倒虹吸管,系深圳市东部供水水源工程跨大坝河穿越坑梓一坪地公路的建筑物,总长 951m,设计流量 $30\text{m}^3/\text{s}$,工作水头 35m,采用长 840m 的两根 $\phi 3100\text{mm}$ 钢管,其中管桥段长 159m,最大跨度 30m。又如湖南欧阳海灌区大市倒虹吸管,设计流量 $20\text{m}^3/\text{s}$,工作水头 18m,跨末水段采用桥式结构共 14 跨,每跨宽 28m。

10.2.4 有关进、出口段布置说明如下:

1 倒虹吸管的进水口前是否设置沉沙池,应根据渠道来

水的含沙量和渠道的整体设计来确定。一般在黄土高原区、花岗岩地区以及沿渠道坡面来水处理不当、泥沙容易入渠的倒虹吸管进水口前宜设置沉沙池。在沉沙池下游侧还需配套设置冲沙闸,此闸亦可兼作泄水闸,冲沙泄洪时与进口节制闸配合使用。

2 进水口前拦污栅一般布置在管道进口工作闸门之前,不宜太靠近管口。拦污栅有活动式及固定式两种,栅面倾角一般为 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$,栅条距 $100\text{mm}\sim 250\text{mm}$,采用人工清污时,过栅流速控制在 $0.8\text{m/s}\sim 1.0\text{m/s}$;采用机械清污时,过栅流速控制在 $1.0\text{m/s}\sim 1.25\text{m/s}$ 。

3 进水口形式应比较圆顺,具有较好的水流条件,以减少水头损失,增大泄量。对大型倒虹吸管,进水口顶部宜采用椭圆曲线,侧壁的曲线亦宜圆顺。进水口与管身常用弯道连接,转弯半径一般采用 2.5 倍~ 4 倍管径(如图4所示)。对于小型工程,为方便施工,也可将管身直接插入挡水墙内,而不用弯管连接(如图4所示)。

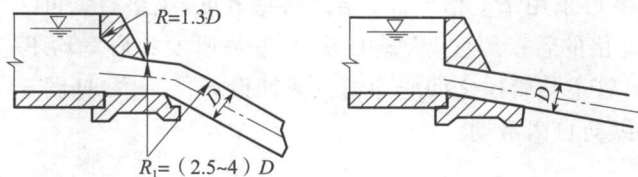


图4 进水口示意图

5 出口设置闸门主要是控制进口水位、调节流量、保证管内呈压力流态和通过任意流量时均能与渠道水面平顺衔接。

10.2.5 封闭式镇墩与管的连接刚性和柔性两种。采取刚性连接的镇墩适用于坡度大的斜管且地基为岩基或承载力大的较好土基。否则,应进行地基处理,以免由于不均匀沉降而使管身产生裂缝,甚至开裂漏水。柔性连接的镇墩适应不均匀沉降,管身伸缩变形能力较好,但施工较复杂。位于斜坡上的中间镇墩,应采取上游

端为刚性、下游端为柔性连接的形式,使管身纵向只受压不受拉。水平管段可一端做成刚性的,另一端做成柔性的,以适应纵向伸缩变形。

10.2.6 管座是管身的一种支撑结构。管座形式选择时应考虑当地的地形地质条件、管身断面形式、管材特性及管身结构的受力条件等,其主要目的是,应使选用的管座在当地自然地理条件下,既能改善管身的应力状态,又便于施工。

一般钢管都采用间断式支座(管座),3级以上的钢筋混凝土管则大部分采用连续式管座,对3级以下的钢筋混凝土管,上述两种管座形式均可采用,视具体条件经比较分析研究后确定。

连续式管座最常用的是刚性弧形管座,对1级~3级倒虹吸管应采用浆砌石或混凝土的刚性管座,以增加管身的抗滑稳定性,并改善地基的受力条件,其包角采用 $90^{\circ}\sim 135^{\circ}$,包角越大,则管壁应力越均匀(基础应力也均匀),因此对大直径、高填方的钢筋混凝土倒虹吸管,从施工及受力条件考虑,以采用包角 $2\alpha=180^{\circ}$ 为宜。座垫厚度可采用1.5倍~2.0倍的管壁厚度,座垫肩宽可采用1.0倍~1.5倍的管壁厚度,从施工考虑,座垫厚度和肩宽均不宜小于300mm,管道与管座之间应涂沥青或铺设沥青油毡(见图5),以利于管道纵向自由滑动。

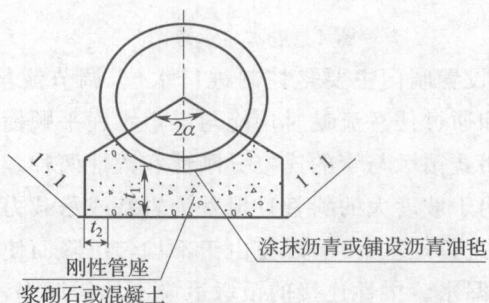


图5 刚性弧形管座

对素土平基及弧形土基础的两种管座,只在管径较小、地基条件良好时,方可考虑采用。

间断式管座,多用于钢管或预制混凝土管材的倒虹吸管或3级以下钢筋混凝土倒虹吸管。对钢管,其支座形式与管径大小有关,管座形式选择可参照现行行业标准《水电站压力钢管设计规范》SL 281的有关规定进行。

10.3 水力设计

10.3.1 倒虹吸管通过水力设计选定管道横断面尺寸、管道数量、进出口段各部分的布置形式、尺寸和有关高程。为此,在渠道工程设计中,应给出上、下游渠道的断面形状、糙率、流量、水深、上游渠道底高程,同时还应给出倒虹吸管的设计流量和允许的水头损失作为设计计算的条件。

倒虹吸管水力设计和计算的内容包括:根据工程具体情况和设计条件,通过工程总体布置和管道的布置,初步拟定管道及其进、出口的布置形式和结构形式,选择适宜的流速和经济过水断面,按压力流公式计算管道的实际水头损失及进、出口的水面衔接。

当倒虹吸管通过最小流量时进、出口管道没有充分淹没、管内流速和总水头损失不符合设计条件或出口需要消能等情况时,应调整布置,并重新计算管道横断面尺寸。

10.3.2 倒虹吸管内平均流速一般根据允许的水头损失和管内不淤流速值来选取。水头损失与流速的平方成正比,流速越大,水头损失越大,因此流速的选择对于倒虹吸管,特别对于平原地区水头宝贵的渠道上的倒虹吸管尤为重要。从已建和在建工程的统计,倒虹吸管设计流量工况下的平均流速多在 $1.5\text{m/s}\sim 2.5\text{m/s}$ 范围以内。个别工程为了减少过水断面和工程量,也可适当增加管道平均流速,如南水北调穿越黄河的孤柏咀倒虹吸管工程,通过设计流量 $440\text{m}^3/\text{s}$ 时,选择了双排 $D=8.2\text{m}$ 的倒虹吸管,

其平均流速达 4.16m/s。已建和在建倒虹吸管的平均流速见表 12。

表 12 倒虹吸管平均流速选择统计表

工程名称	$Q_{\text{设}}$ (m ³ /s)	管径(m)	面积(m ²)	$v_{\text{平}}$ (m/s)
新安铺(湖南)	7.5	2.0(圆管)	3.14	2.39
大市(湖南)	20.0	3.5(圆管)	9.62	2.10
黄庄(山东)	176.0	7-4.2×4.0(矩形管)	117.6	1.50
四头河(山东)	58.0	4-2.5×2.9(矩形管)	29.0	2.00
白河(河南)	330.0	4-6.2×6.2(方管)	153.16	2.15
孤柏咀(河南)	440.0	2-8.2(圆管)	105.62	4.16
西赵河(河南)	630.0	8-5.8×5.8(方管)	269.12	2.34
小洼槽(新疆)	30.5	2-3.1(圆管)	15.1	2.00
三个泉(新疆)	30.5	2-2.8(圆管)	12.32	2.48
永定河(北京)	50.0	4-3.8×3.8(方管)	57.76	0.90
滹沱河(河北)	170.0	3-6×6.2(矩形管)	111.60	1.52
深圳大坝河 (广东)	30.0	2-3.1(圆管)	15.1	1.99
重庆过江隧道 (重庆)	16.2	3-2.0(圆管)	9.42	1.72
漳水(陕西)	52.0	2-3.25(圆管)	8.30	3.13
		2.0(钢管)	3.14	3.94

为了防止泥沙在倒虹吸管内淤积,管道的最小流速应大于按附录 L.1 公式计算的有压管流挟沙流速 V_{np} 。如 $V_{\text{平}} < V_{\text{np}}$, 则应缩小管径、增加管道数或加大上下游水面高差。

10.3.3 关于水头损失计算说明如下:

(1)根据工程具体情况,倒虹吸管的总体布置不同时,其水头损失和水面降落计算也因具体布置而各不相同。

如图 L. 1. 2-1、图 L. 1. 2-2 所示,一般渠道与倒虹吸进水口之间设一渐变段,平顺连接。水流过渐变段时,由于断面和流速的变化,会产生某一水面落差 ΔZ_1 。该水面落差 ΔZ_1 可按附录 L 第 L. 1. 2 条的公式进行计算。

水流由进口渐变段末端断面进入进水口,截至出口,由于管道的沿程损失和各个局部阻力的影响,会造成水头损失 ΔZ_2 。该水头损失 ΔZ_2 可按附录 L. 1. 4 公式进行计算。

倒虹吸管管道出口与下游渠道之间通常也设渐变段平缓连接。由于能量的转化,将产生某些水面恢复 ΔZ_3 。该水面恢复值 ΔZ_3 可按附录 L 第 L. 1. 3 条的公式进行计算。

(2)倒虹吸管的局部阻力损失系数:对于圆形管道按附录 L. 1 选取。对于矩形压力管的局部阻力损失系数,目前研究尚不充分,一般也仿照圆形管的局部阻力损失系数来选取。鉴于南水北调采用矩形断面的倒虹吸管较多,长江科学院选择西赵河渠道倒虹吸管(总长 277m,管道由 8 根 $5.8\text{m} \times 5.8\text{m}$ 的方管组成,最大过流量为 $800\text{m}^3/\text{s}$,其布置图见图 6)和堰子河段的河道倒虹吸管(总长 298m,管道由 6 根 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 的方管组成,百年一遇洪水流量达 $655\text{m}^3/\text{s}$)分别进行了专门的水工模型试验,获得管道局部和沿程损失系数,见表 13,可供类似工程参考。

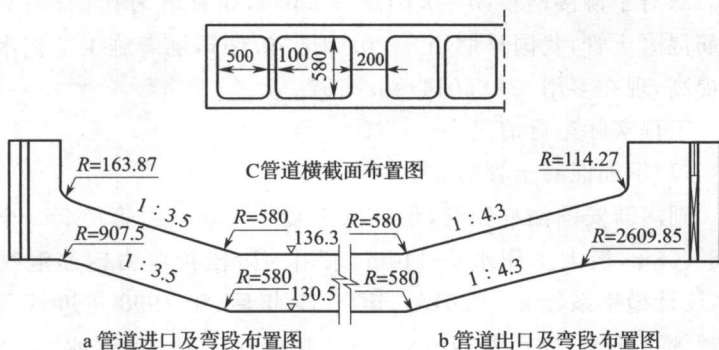


图 6 西赵河倒虹吸管布置示意图

表 13 管道局部和沿程损失系数

建筑物形式	流量 (m ³ /s)	局部水头损失系数				沿程损失系数 λ
		进口 ξ_1	上游弯道 ξ_2	下游弯道 ξ_3	出口 ξ_4	
渠道倒虹吸管	630	0.06	0.04	0.03	0.08	0.016
	800	0.06	0.04	0.03	0.09	0.016
	885	0.06	0.05	0.03	0.10	0.016
河道倒虹吸管	405	0.07	—	0.04	0.15	0.014
	542	0.10	0.08	0.04	0.12	0.015
	655	0.08	0.06	0.03	0.17	0.016
	828	0.10	0.05	0.03	0.17	0.017

倒虹吸管的进、出口渐变段均采用扭曲面形式与渠道相接。渐变段的水头损失系数分别为： $\xi_1 = 0.10$, $\xi_4 = 0.30$ 。

(3) 压力管道边壁的糙率 n 值与管道材料及其表面的光洁程度有关。鉴于 n 值的选用对管道断面的大小及工程造价影响很大, 故应慎重选取。对于焊接钢管: $n = 0.011 \sim 0.0125$, 正常值为 0.012; 对于铆接钢管: $n = 0.0125 \sim 0.015$, 正常值为 0.0135; 对于钢筋混凝土管, 我国早期用 $n = 0.016 \sim 0.017$, 随着施工工艺水平的提高, 现在多用 $n = 0.014 \sim 0.015$ 。

工程实际运行情况:

(1) 钢筋混凝土管的 n 值:

湖南新安铺倒虹吸管, 设计流量 $Q = 7.5 \text{ m}^3/\text{s}$, 管径 2m, 全长 4368.08m, 最大工作水头 140m, 采用一阶段预应力钢筋混凝土管, 设计糙率系数 $n = 0.015$ 。运行 19 年后, 于 1998 年进行了原型观测。施放 $Q = 3.67 \text{ m}^3/\text{s}$, $v = 1.16 \text{ m/s}$ 时, 实测水头损失 4.03m, 推算得 $n = 0.0164$, 实测 n 值大于设计 n 值。究其原因, 是

由于在磨损和侵蚀的双重作用下,孔壁出现了许多的空穴和凹凸不平的麻面所致。

引滦入津尔王庄泵站至市区宜兴埠泵站全长 26km, 2 孔 $3.35\text{m} \times 3.35\text{m}$ 方涵, 用钢模板浇筑。1996 年, 在工程运行 13 年后进行了原型试验, 6 组流量下实测的 $n=0.0116 \sim 0.0107$, 平均 $n=0.0113$ 。

引滦入津明流隧洞, 长 12km, 断面为城门洞型, 净宽 5.7m。设计流量 $60\text{m}^3/\text{s}$, 洞壁采用钢筋混凝土衬砌, 设计糙率系数 $n=0.015$, 1983 年通水。钢模板接缝处凹凸不平, 平均高差 4.3mm。电力部昆明勘测设计院和天津市引滦隧洞管理处合作于 1985 年和 1996 年做了两次原型观测。流量范围为 $22.3\text{m}^3/\text{s} \sim 62.36\text{m}^3/\text{s}$, 7 个流量、5 个区段的糙率值 $n=0.01125 \sim 0.0128$, 区段平均值 $n=0.0124$ 。2004 年对壁面进行加固处理后重新观测, 得 $n=0.0122$ 。

三个工程的原型观测表明, 新安铺倒虹吸管由于壁面磨损和侵蚀, 凹凸不平, n 值偏大; 引滦入津两个工程, 用钢模板施工, 平均 n 值分别为 0.0113 和 0.0122。足见随着施工水平的提高(采用钢模板等措施), 钢筋混凝土的 n 值有逐渐减小的趋势。对比欧美一些国家采用钢模板施工的工程所取的 $n=0.0118 \sim 0.0125$, 我国采用类似方法施工的 n 值取 $0.012 \sim 0.013$ 也不是没有可能的。

(2) 预应力钢筒混凝土管是标准化、工厂化和特别工艺生产的混凝土管。我国自 1998 年引进专门生产线以来, 已有许多厂家和生产线生产, 最大管径已达到 4m。1992 年山东水利科学研究院曾对 PCCP-E 管(浇注管)做过野外测试, 7 组试验的总平均值 $n=0.0107$ 。另外测得 PCCP-L(离心管) $n=0.012$ 。

为积累经验, 在天津市丽湖新地河扬水泵站进行了 PCCP-E 原状管的糙率测试。测试段长 45m, 最大供水流量 $7.5\text{m}^3/\text{s}$, 管内平均流速 $1.5\text{m}/\text{s} \sim 3.75\text{m}/\text{s}$ 。13 组试验获得的平均糙率值 $n=$

0.01005(由 $\lambda=0.0109$ 换算, $n=0.0102$)。

对比国际上 PCCP-E 管取 $n=0.010$, 我国暂取 $n=0.011$ 左右也是有可能的。

(3) 玻璃钢管同样为工厂化生产, 厂家提供的糙率系数 $n=0.008\sim 0.009$, 目前国内还无原型观测资料可供参考。

10.3.7 关于进、出口水面衔接形式说明如下:

(1) 倒虹吸管进口的淹没条件。

为了避免在倒虹吸管内产生急流水跃等不良流态, 要求在通过不同流量, 特别是通过小流量时管道进口处仍保持充分淹没状态, 亦即要求倒虹吸管始终按压力流态工作。

根据地形、地质条件、流量大小、水头高低和管道铺设形式等的差别, 通常倒虹吸管的进水口和管身的连接有如下三种形式:

一是深式进水口。例如引黄入卫穿卫倒虹吸管和南水北调北京永定河倒虹吸管等均采用此类深式进水口, 其特点是工作闸门后有较长一段水平管道段, 然后接斜坡管身段, 如图 7 所示。

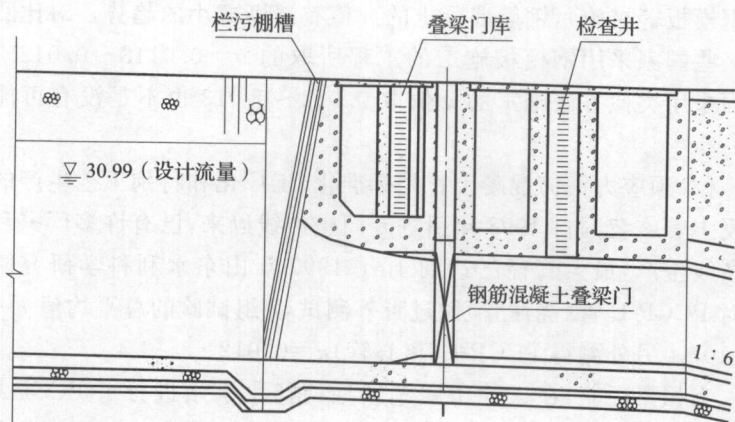


图 7 某倒虹吸管深式进水口示意图

二是竖井式进水口。例如重庆城区过江排污倒虹吸管和南水北调孤柏咀倒虹吸管工程均采用此种布置形式,如图 8 所示。

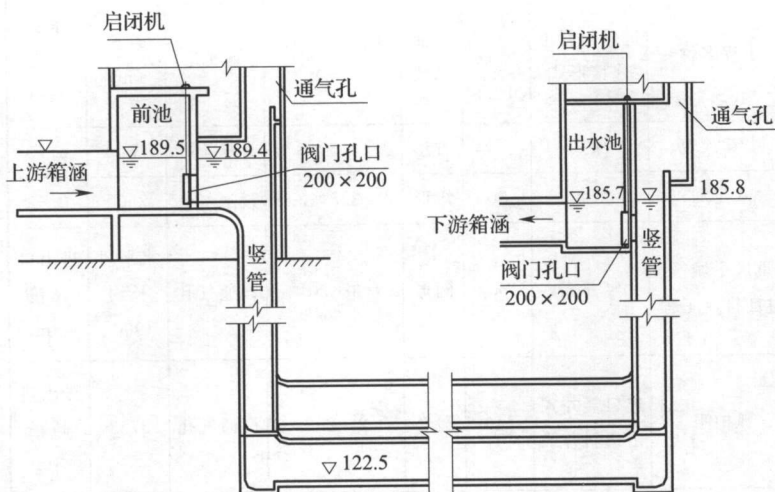


图 8 某倒虹吸管竖井式进水口示意图

三是斜坡式进水口。进水口的管身沿斜坡铺设,管身头部直接插入挡水胸墙,管身底部平渠底或低于渠底。例如湖南的新安铺、大市等多处倒虹吸管和陕西宝鸡峡漳水倒虹吸管以及河北的南排水河穿南运河等采用矩形压力箱涵的倒虹吸管工程,都采用了类似的布置,见图 9。

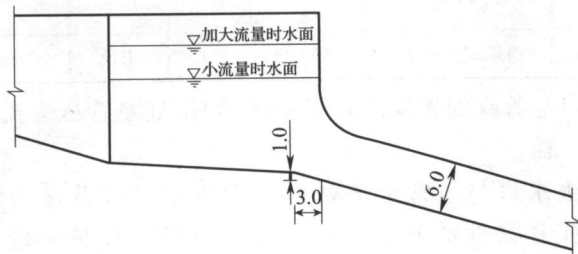


图 9 某倒虹吸管斜坡式进水口示意图

以上三种进水口布置形式的工程实例情况见表 14。

表 14 进水口布置形式和特性表

工程名称	进口与管道连接形式	设计流量 (m ³ /s)	断面形状	孔数和孔径 (m)	通气孔	管长 (m)	水头损失 (m)
引黄入卫	深式	75	方形	3-3.5×3.5	设检查孔	238.2	0.65
永定河	深式	50	矩形	4-3.8×3.5	设通气孔	2500	0.65
重庆主城区过江排污工程	竖井式	16.2	圆形	3-20	设通气孔	水平段长约 900	进出口高差 3m
孤柏咀	进口竖井式 出口斜井式	440	圆形	2-8.2	设通气孔	3752	进出口高差 3m
新安铺	斜坡式	7.5	圆形	1-2.0	未设	4368.3	14.36
大市	斜坡式	20	圆形	1-3.5	未设	1251.7	1.68
漳水	斜坡式	52	圆形	2-3.25; 1-2.9	未设	880	3.29
南排水河	斜坡式	526	方形	22-3.5×3.5	未设	133.1	0.50
长江河渠倒虹吸管	斜坡式	40	方形	2-3.0×3.0	未设	135.0	0.50
黄庄	斜坡式	176	矩形	7-4.2×4.0	未设	378	0.48

进水口与管身的连接形式不一样,则倒虹吸管压力流形成的条件也不一样。

深式进水口与通常水电站的压力进水口以及压力泄洪洞进水口的工作条件类似。由于工作闸门后有较长一段水平管道,充水过程中必然存在明满流过渡,并在水平管道内产生水跃连接。为防止工作闸门后出现负压等不良情况,一般在门后

设通气孔或检修孔加以改善。经验同时表明,当进水口淹没深度不够高时,上游水面常出现串通的挟气漩涡,并把空气带到管道内,不利于管道的运行。对于此种布置形式的倒虹吸管的进水口,在通过小流量时宜按现行行业标准《水利水电工程进水口设计规范》SL 285—2003 附录 B. 2 的要求进行复核,保证进水口有最小的淹没深度。反之,要采取其他补救措施,如加大进水口埋深、关小出口闸门壅高进口水位等措施来达到上述要求。

竖井式进水口水流从孔口或闸门下进入竖井。当竖井内的水位低于孔口时,孔口或出闸水流以跌水或水跃形式进入竖井,不利于竖井的运行。这时,若孔口以上的竖井顶部封闭,则应预留通气孔,否则将造成竖井上方的负压,不利于运行。为保证出闸孔的水流平稳进入竖井,其必要条件是闸孔为淹没出流。由此,倒虹吸管通过小流量时,应复核竖井里的水位高程是否能形成闸孔的淹没出流,即下游渠道水位加上倒虹吸管的水头损失值后所形成的上游竖井水位是否构成闸孔的淹没出流。

斜坡式进水口为堰流与管道压力流相衔接。如管道内水位过低,则有可能在管道内形成跌水或水跃,不利管道的运行。为使整个管道按压力流工作,其必要条件是下游渠道水位加上倒虹吸管水头损失值后的管道进口处水位,应使进水口的控制堰(平底宽顶堰或实用堰)为淹没出流并能淹没管口。

(2)倒虹吸管出口的淹没条件。

倒虹吸管出口段的水流流态一般为有压流与明流的淹没缓流结构,即出口 $Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}} < 1.0$, 管顶以上淹没水深应为 $\Delta h = \frac{v^2}{g}$, 几个已建和在建倒虹吸工程出口管顶以上淹没水深与计算淹没水深的对比见表 15。由表 15 可见,除新安铺、大市两个倒虹吸管出口淹没度尚不足外,多数工程的出口淹没度均满足要求。

表 15 倒虹吸管出口管顶以上淹没水深与计算淹没水深的对比表

工程名称	孔径或孔高 (m)	孔口流速 (m/s)	出口孔顶以上水深(m)	
			v^2/g (计算值)	采用值
新安铺(湖南)	2.0	2.39	0.54	-0.38
大市(湖南)	3.5	2.10	0.45	-0.10
黄庄(山东)	4.0	1.50	0.23	0.72
四头河(山东)	2.5	2.00	0.41	1.10
西赵河(河南)	5.8	2.34	0.56	2.44
城区排污工程(重庆)	2.0	1.72	0.30	1.10
白河(河南)	6.2	2.15	0.47	3.80

10.4 结构设计

10.4.3 对管道较长、水头较大的倒虹吸管,按不同水头分段计算荷载时,通常对 50m 以下水头的管段,用 10m 一级进行计算;对 50m 以上水头的管段,用 5m 一级进行计算。

10.4.4、10.4.5 关于现浇钢筋混凝土管说明如下:

(1)现浇钢筋混凝土管(包括圆形和矩形)具有耐久、价廉、变形小、节约钢材、制造简便、糙率变化小、抗震性能好等优点,应用非常广泛。按其过水断面形状不同,常用的有钢筋混凝土圆形管与钢筋混凝土矩(箱)形管两大类。

(2)钢筋混凝土圆形管由于其受力条件和水力条件均较好,在一般倒虹吸管设计中是优先考虑采用的结构形式。但由于受施工条件限制,一般其管径不宜大于 4m,否则施工难度增大,因此过水流量受到一定限制。另外因其抗裂性能较差,所以能够承受的水头(内水压力)也受到了一定限制,因此当水头 $H > 50\text{m} \sim 60\text{m}$ 时,一般要采用抗裂性能和防渗性能均较好的其他材料管道,如预应力钢筋混凝土管、钢管等。

钢筋混凝土圆形管管身内力计算是弹性理论空间问题,计算

复杂,适用于特殊重要管道。对于常规管道宜简化为纵、横向两个平面问题分别计算。即横向按封闭的圆环形结构计算,纵向按截面为圆环形的梁计算。

横向内力计算:通常取 1m 管长作为计算单元,按管壁厚度 δ 和平均半径 r_c 的比值 δ/r_c 先判别属于薄壁管还是厚壁管,然后进行内力计算。

$$\text{薄壁管:} \quad \frac{\delta}{r_c} \leq \frac{1}{8}$$

$$\text{厚壁管:} \quad \frac{\delta}{r_c} > \frac{1}{8}$$

薄壁管内力计算:按一个三次静定的圆环形结构计算,当作用在管道上的荷载及其相应的管座反力确定后,即可按结构力学的弹性中心法求解内力。宜分别计算在各项荷载作用下的管道内力,然后叠加求出管道在设计荷载组合作用下的截面最大内力 (M, N)。

厚壁管内力计算,在理论上应按弹性力学平面问题求解内力。由于计算工作量大,故除均匀内(外)水压力作用下所引起内力(应力)按此方法计算外,其他荷载所引起内力宜按薄壁管的结构力学方法计算。

纵向内力计算:圆形钢筋混凝土管的纵向管座形式,分为连续式管座与间断式管座两大类,其纵向的结构计算也相应分为两大类。

连续式刚性管座上管身的纵向内力计算,宜按弹性地基梁计算。由于管座是刚性结构,其弧形支承面上都铺设便于管身随温度变化而自由滑动伸缩的材料(如沥青油毡等),管身每节长度均控制在一定的防裂范围之内,因此采用这类管座形式的管身纵向内力通常不是设计控制条件,可不进行计算,在管壁内按抗裂的构造要求布置纵向钢筋即可。

间断式管座上管身的纵向内力计算,宜按横断面为圆环形的梁式管计算。其应力状态与管道跨长 L 和管身内径 D (宽度)的

比值有关：

当 $\frac{L}{D} \geq 3$ 时，按长壳近似用梁理论计算。

当 $\frac{1}{2} \leq \frac{L}{D} < 3$ 时，按圆柱形中长壳的弯曲理论或半弯曲理论计算。

当 $\frac{L}{D} < \frac{1}{2}$ 时，按短壳的弯曲理论或半弯曲理论计算。

拟定架空梁式管道的跨度时，应尽量使其 $\frac{L}{D} \geq 3$ ，满足长壳条件，以便采用比较简单的梁理论进行计算（按圆环形截面的简支梁、双悬臂梁、连续梁等）。

(3) 钢筋混凝土矩形箱式管施工方便，适用于过水流量较大，地基条件较差的倒虹吸管。若管顶填土压力较大时，则需将其顶底部改成圆弧形，以改善其受力条件，减少工程量和工程造价。

钢筋混凝土矩形倒虹吸管按规模大小其各部位壁厚可设计为等截面或变截面，按布置方式可分为单孔管和多孔管。

矩形管的横向内力计算的计算简图应按布置取为单孔或多孔闭合刚架，各个杆件的计算长度为杆件形心轴之间的距离，即水平杆件的计算长度为竖直杆件形心轴轴线间的距离，竖直杆件的计算长度为顶底板形心轴轴线间的距离。矩形管内角加腋的作用显著，但加腋边长 $\beta \leq 0.1L$ (L 为孔跨) 时应不考虑其影响，按等截面计算。

单孔或等跨多孔等截面矩形倒虹吸管的横向内力计算应沿水流方向截取一米长管段，按闭合刚架计算其内力。根据各项不同外荷载分别采用相应公式计算出各杆内力，然后按荷载组合将其叠加求得最终的各项内力。不等截面或不等跨矩形倒虹吸管的横向内力计算宜用结构力学方法进行计算，特大型矩形倒虹吸管宜采用有限元方法进行应力分析。

10.4.6 关于预应力钢筋混凝土管说明如下：

1 预应力钢筋混凝土管由于抗裂和抗渗性能均比普通钢筋混凝土管好,而且比同直径、同水头条件下的普通钢筋混凝土管省20%~30%钢筋,比钢管省60%以上的钢材,因此在我国应用比较广泛。但预应力混凝土管壁薄、性脆、抗外压能力低、施工技术比较复杂、远程运输后预应力可能会有一定损失等,所以在推广使用上受到一定限制。

2 预应力钢筋混凝土管按其施加预应力方法不同,分为三阶段工艺法、一阶段工艺法和自应力制管工艺法三种。其中自应力制管工艺法,限于管径 $D \leq 600\text{mm}$ 及承受水头较低的中小型管道的制作。三阶段法具有工艺较简单、设备投资少、钢筋预应力值容易控制、承接口光滑等优点,但其质量不如一阶段法好,加之车间卫生条件差、耗用水泥多等缺点,现很少采用。目前,一般工厂或现场生产多采用一阶段法生产,其质量好、水泥省。如湖南大圳灌区新安铺倒虹吸管,管径 $D = 2.0\text{m}$,设计水头 $H = 140\text{m}$,管壁厚 $\delta = 130\text{mm}$,就是采用一阶段法生产的。

10.4.7 关于钢管说明如下:

(1)钢制倒虹吸管由于管壁材料具有很高强度和不透水性,并具有管节可以较长(伸缩节之间间距可达 $70\text{m} \sim 80\text{m}$)、接头少、表面光滑、糙率系数小、水头损失小等特性,故可用于一般水头较高($H > 50\text{m}$)、管径较大的倒虹吸管工程。其缺点是刚度较小,承受外荷的能力较小,不宜用于回填土较大的情况。而且其制造技术要求较高,防锈与维护费用也高,其耐久性不及钢筋混凝土管,故在倒虹吸管中采用较少,常被预应力混凝土管和预应力钢筒混凝土管所取代,只在桥式倒虹吸等有特殊要求地方采用。如引大入秦灌溉工程总干渠上的先明峡倒虹吸管,设计水头 167m ,设计流量 $32\text{m}^3/\text{s}$,采用2根管径为 2.65m 钢管。

(2)钢制倒虹吸管的结构设计,实质就是压力钢管设计问题。其具体计算要求、理论公式及方法与水电站压力钢管设计基本一样。因此在本条中,只列出了设计中对几个主要问题(管壁厚度、

允许应力、应力计算要求等)的要求,其详细设计计算要求及计算公式参见现行行业标准《水电站压力钢管设计规范》SL 281。

10.4.8 关于预应力钢筒混凝土管说明如下:

预应力钢筒混凝土管又称 PCCP 管(Prestressed Concrete, Cylinder PiPe),在美国、加拿大等国的管网工程应用比较普遍。我国于 1987 年~1988 年引进 PCCP 管生产技术,目前在我国的引水工程中,已有不少工程开始大量采用,因他可以工厂化、标准化、定型化、成批量生产,适用于高水头,大流量(管径较大)。它比钢管造价低,维修工作量小,是一种具有推广价值的好管材,缺点是重量较大,运输和施工不便。

现行国家标准《预应力钢筒混凝土管》GB/T 19685 对保证这种管材生产的质量提供了必要的依据。

10.4.9 关于玻璃钢夹砂管说明如下:

玻璃钢夹砂管又称 GRP 管(glass reinforced plastics),通常是指玻璃纤维增强树脂塑料管,属热固性塑料管。

(1)玻璃钢夹砂管特点:

耐腐蚀性能好。在一般情况下,能够长期保持管道的安全运行。

抗老化性能和耐热性能好。玻璃钢夹砂管可在 $40^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 温度范围内长期使用,采用特殊的耐高温树脂还可在 200°C 以上温度下正常工作,也可长期用于露天使用的管道。其外表添加有紫外线对管道的辐射,可延缓玻璃钢夹砂管的老化。

抗冻性能好。可用于零下 20°C 以下,管内结冰后,不会发生冻裂。

重量轻,强度高,运输方便,安全技术简单,容易安装各种分支管。

水力条件好,内壁光滑,不结垢,不生锈,水阻小。

在阳光直接照射下易老化,不宜露天式布置。

受力不均时管身容易变形,并导致接头处漏水。

(2)玻璃钢夹砂管管壁一般按其功能不同可分为三大层:即防腐防渗内衬层、结构层、表面层(外保护层)。

防腐防渗内衬层又分为内表面层和次内层。其中内表面层的树脂含量在90%以上,也称作富树脂层,可根据介质不同选用合适树脂。内表面层的作用主要是防腐蚀、防渗漏。次内层含一定量的短切纤维,但树脂含量仍高达70%~80%,其作用是防腐、防渗的第二道防线。内衬层总厚度为1.5mm~5.0mm。

结构层的作用主要是承受荷载,抵抗变形,它是由连续纤维缠绕层和树脂砂浆层组成。

表面层由抗老化添加剂(如紫外光吸收剂)和树脂配制而成。它主要是防老化。管外表面的巴氏硬度应不小于40。

(3)玻璃钢夹砂管在我国已经标准化、定型化在工厂成批生产,其管道配套件齐全,设计工作可由生产厂家自主完成。在采购中只须明确管径、管道长度(纵剖面布置)工作压力、覆盖土厚度、土壤类别以及地面荷载等技术参数和要求即可。

(4)目前我国有许多厂家生产玻璃钢夹砂管,管径300mm~3100mm,压力等级0.1MPa~2.5MPa,管道刚度 $1250\text{N/m}^2\sim 10000\text{N/m}^2$ 。采用玻璃钢夹砂管的工程也很多,如新疆某供水工程,全长400km,全部采用玻璃钢夹砂管。其中小洼槽倒虹吸管全长13km,直径为3100mm,刚度为 7500N/m^2 。压力为0.4MPa,总工程量达1.433万t。是目前我国采用玻璃钢夹砂管口径最大、用量较多的工程实例。

10.5 细部结构设计

10.5.1 钢筋混凝土管裂缝产生原因是错综复杂的,一般主要是由于温度应力过大(超过混凝土抗裂强度允许值),设计不当(分节过长,支座形式不适宜,配筋不当)或施工不当(质量差,养护不到位)等所致,其中由于温度应力过大而引起裂缝是最常见的。根据湖南大圳新安铺预应力钢筋混凝土管的现场观测,夏天管身内外最

大温差可达 26.4℃, 试验表明, 采取管身外侧填土(厚度 0.5m~0.8m)或采用泡沫混凝土作保温层(厚度 0.1m)对减小温度应力效果显著, 是防止裂缝最有效的措施。其他如选择合适的管道分节长度、选配合适的变形钢筋也是较为理想的措施, 对高水头倒虹吸管宜采用预应力钢管混凝土管等。

10.5.2 为适应地基不均匀沉降而引起的弯曲变形和由于温度降低和混凝土凝固而引起的纵向收缩变形, 管道应设置永久性伸缩缝, 缝间设止水。缝间距: 土基上宜取 20m~25m, 岩基上可取 15m~20m, 露天取小值, 完工后及时填土的埋管可取大值。管壁与管座接触面上铺设沥青油毡(中间 1/3 管长可不设), 以减小摩擦阻力。对于预制安装的管道, 每节间一般均采用柔性接头; 设于刚性管座或坚实地基上的预制管, 可采用刚性接头, 但每隔一定长度仍需设一柔性接头。缝间止水, 对于较高水头过去常用金属止水片, 随着塑料工业的发展, 已逐渐被无套管的塑料止水接头所取代, 加固时或采用环氧基液贴橡皮止水。各种接缝止水形式中, 应注意塑料(或橡皮)不能直接与沥青类材料接触, 以免加速其老化。

10.5.5 进人孔通常可与泄水孔结合布置在镇墩内。若布置在管身上, 则应将管壁局部加厚, 并设密封盖(或泄水闸阀)以防漏水。进人孔有斜向、水平向和竖向布置几种, 前一种适用于露天管, 后两种适用于浅埋式管, 且盖板宜高出地面。在生产中, 由于盖板密封不严而引起漏水的教训不少, 故要求制作安装工艺应严密精细。这些孔洞的盖板或者闸阀还应不为非管理人员轻易打开, 以确保输水安全。

11 涵 洞

11.1 一 般 规 定

11.1.1 渠道穿越道路、圩堤、高地时宜选用渠道涵洞(简称渠涵),填方渠道被沟溪、道路或其他渠道穿越时宜设渠下排洪、交通或输水涵洞(统称渠下涵)。上述涵洞的进、出口均不设闸门,采取明挖、建涵、填埋的方式施工。

本章内容不宜直接应用于进(出)口设置闸门控制水位、流量的涵洞式水闸,以及渠首引水、分水和渠道泄水、冲沙等建筑物中的涵洞部分。

在过水能力相同的条件下,单孔涵洞比多孔涵洞经济,应优先选取单孔涵方案。

11.2 总 体 布 置

11.2.1 涵洞进、出口及洞身水流应顺畅,对于渠下排水涵,当河沟与渠(路)大致成一角度时,不宜强求正交。一般不应采用小于 45° 夹角的斜交涵洞,可在河沟上下分别采取改沟、加设导流和构造物方法,增大水流方向与渠(路)相交的夹角。

11.2.4 涵洞的水流形态与洞型选择是相互关联的,应统筹考虑。涵洞一般优先选用无压流态。其理由是:

(1)虽然在通过相同流量时断面尺寸比有压和半有压涵洞大,但其水头损失小、出口流速低、出口只需简单防冲加固,而有压及半有压涵洞则要设消能防冲设施。

(2)其上游壅水低于有压和半有压涵洞,可降低对渠(路)堤的高度及质量要求,能减少进口护砌工程量。

(3)由于整个断面不充满水及上游水深较小,故对防渗要求也

相应降低。

(4)有压流虽可减小涵洞断面尺寸,但由于洞内流速较高,压力大,涵前积水较深,因而水流对涵洞和渠(路)基的破坏性较大。

此外,有压排水涵洞在排泄洪水时,因流量变化大,可能出现明满流交替状态而产生振动,影响工程安全,宜慎用。半有压流由于在流量变化大时流态更不稳定,也不宜采用。

11.2.5 涵洞的各种横断面形式具有明显的构造和受力特点,合理利用这些特点是保证工程安全和经济的前提条件。盖板涵的盖板结构虽然不能承担很大压力,但其空间高度小、可预制安装、施工方便,适用于涵洞高度受限或者施工条件苛刻的地段。盖板涵的结构缝多,不适宜有较大内水压力的有压流。拱涵受力条件好,适用于涵顶填土较高及跨度较大的无压涵洞。箱涵多为刚结点矩形钢筋混凝土结构,具有较好的静力工作条件,承载能力高,对地基不均匀沉降的适应性能好,适用于洞顶覆土较厚、洞跨较大、地基较差的无压和低压涵洞,唯施工较复杂。圆管主要用于小流量的排水涵洞,便于采用预制管安装,一般多不进行结构设计,可直接根据设计荷载,按定型产品的性能指标,选用相应规格的圆涵即可。

关于净空面积和高度的要求,是在实践中总结出的保持无压流态的必要条件,应按本条规定执行。

11.2.6、11.2.7 渠下涵孔径尺寸的选定主要有两种情况:一种情况是已知设计流量、进口水深及出口水深,确定洞身断面尺寸。对于矩形断面,此时的洞高及洞宽均为未知,且涵洞流态判别又与洞高有关,有的流量计算公式还含有洞高要素,故需试算;另一种常见情况是,对从渠底穿过的排水涵洞,多需根据拟定的洞身断面尺寸及出口水深,计算确定进口壅高水深。此时,一般是拟定多个不同断面尺寸的布置方案,分别计算确定进口水深,然后根据上游地形、地物允许的淹没条件,经方案分析比较后,确定出比较经济合理的洞身断面尺寸布置方案。当上游沟、河断面较大,或有低洼地

带,具有一定的蓄水容积和调蓄作用,可使设计洪水时涵洞的下泄流量相应减小,则往往还应结合调洪演算确定比较经济合理的洞身断面尺寸。

考虑涵前积水时,不应使选定的涵洞设计水流形态有所改变,或使涵洞出口流速过大。如果考虑涵前积水,由于积水的调蓄作用,通过涵洞的最大流量必然小于上游天然来水的最大流量,从而使涵洞设计流量减小,达到使涵洞孔径尺寸减小,降低工程造价的目的。但由于涵前壅水计算影响因素众多,较难得出切合实际的计算结果,为安全计,其最大减小值不应超过对应于防洪标准时的洪水流量的 25%。

11.3 水力设计

11.3.2 排水涵洞的流量计算属小流域洪水流量计算。在渠系建筑物中,排水涵洞所在河(沟)道的流域面积一般较小,多在 100km^2 以下。例如湖南韶山灌区的穿渠排水涵洞,上游流域面积多在 10km^2 以内;河南省陆深灌区总干渠及东一干渠 170 余座穿渠排水涵洞,除极少数上游流域面积为 $5\text{km}^2 \sim 10\text{km}^2$ 外,其余均小于 5km^2 ;南水北调中线工程,在其总干渠规划中,将河渠交叉建筑物中河(沟)道上游流域面积小于 20km^2 称作“排水建筑物”,穿渠排水涵洞就包括在其中;平原地区排水涵洞所在河(沟)道的流域面积大些,但一般也多不超过 100km^2 。

小流域洪水的特征是:洪水暴涨暴落;流量小而洪水历时短;没有实测的洪水流量资料,设计流量只能按无实测资料进行推算,暴雨往往是形成洪峰流量的根本原因。推算无实测资料设计洪水流量的方法很多,在我国水利系统中,对于山丘区,是按推理公式由设计暴雨间接计算洪峰流量,在推理公式中有一些设计参数,我国各省区水利系统均编制有用于本地区查算确定这些参数值的图集供选用;对于平原地区,则由设计暴雨确定的排涝模数计算洪峰流量。我国公路系统计算洪水流量的方法一般有径流形成法、形

态调查法、直接类比法等。由于影响小流域流量计算的因素错综复杂,采用的计算确定方法又多,在选用时,应尽量选用适合本地区情况且比较成熟的地方性计算方法及公式,并尽可能与其他计算公式所得结果进行比较对照,在设计中要注意某些简化的条件及使用范围,切忌随意搬用。

11.3.3 20世纪50年代,我国较早而全面系统介绍有关涵洞水力计算方法及计算公式的是苏联版的《水工手册》,以后的《水工设计手册》、《水力计算手册》以及一些水力学书籍和某些规范等所介绍的基本计算方法与计算公式也多与《水工手册》相同,但在某些方面相互间又有一定出入,有的所介绍的个别计算公式尚有值得商讨之处,且计算方法较为烦琐。最近出版的取水输水建筑物丛书中的《涵洞》一书,在长期生产实践中,对上述各种文献中介绍的有关涵洞水力计算方法及计算公式曾作了较全面的对比、分析和校正,根据生产实践经验,对原公式进行了改进,提出了一套实用而合理的计算方法与计算公式,这些方法与公式经长期生产实践证明是正确合理而简便实用的,本标准在附录M中给出了这一计算方法与相应的计算公式。

12 跌水与陡坡

12.1 一般规定

12.1.1~12.1.3 在我国西北黄土高原及国内其他丘陵地区的灌排渠道中,跌水与陡坡是较为普遍的建筑物,其用途很广泛。除了在通过高差较大或坡度较陡地段作为调整渠道比降和避免深挖方或高填方的上、下游渠道连接建筑物外,在干支渠分水处,如二者高差较大时,常作为连接两级渠道的建筑物。在渠道与塘、库、沟等串联补水工程中,常作为进水道等的连接建筑物。为保证渠道安全、调节干支渠流量等,一般在渠道的适当地段,或在重要渠系建筑物(如渡槽、倒虹吸)上游处均设置安全泄水或调节分水的闸(堰),其后也需要使用跌水或陡坡来连接渠道或河(沟)道。

跌水与陡坡形式的选择应根据当地具体情况及技术经济条件确定,通常主要决定于地形、落差、流量等因素。从地形上说,要满足安全经济则应是挖填方工程量少(水面线宜低于地面),即要选择地面落差集中处布置,或者随地形坡降而布置。由于跌水的土方开挖量、跌水墙的工程量和跌水产生的噪声污染均与跌差成正比,所以全国各地已建成的灌区中,跌水的落差很少有超过5m的。加之跌水的消能效果又远比陡坡好,故跌差小于5m时一般均采用跌水。在实际工程中,陡坡比跌水的应用要广泛,如地形合适,陡坡可以顺地面布置,土方量较小,只要陡槽土坡稳定,槽内水流流速不超过建筑材料的耐冲流速,跌差可以较大,工程实践中常见几十米落差的陡坡仍安全无恙。陡坡的适应性强,当陡槽纵坡在 $1:3\sim 1:5$ 时,陡槽材料只是护面性质。如跌差较大,可做多级跌水或多级陡坡。

斜管式跌水和跌井为地下封闭结构,具有土方开挖量、工程量

和占地面积都小的优点,斜管段覆土后可以绿化复耕,恢复景观或者通行道路,特别是能很好地适应高寒地区的抗冻胀要求,在我国东北等寒冷地区的多年运用经验表明,其防冻胀效果明显。在我国北方黄土高原沟壑区的大落差塬边和城市给排水管道上,为了节省土方开挖量,也常采用跌井形式。此外,有些退水渠,如遇有陡坎且落差较大,土质较好、边坡稳定时,则宜用跌井,特别是当退水闸靠近河岸,水流要直接退到河道时,采用跌井则工程量更小。一般已建成的斜管式跌水和跌井的流量多不超过 $6\text{m}^3/\text{s}$,大流量高跌差的跌井则应按照水库工程中的竖井式溢洪道设计。

12.1.5 陡坡陡槽段的轴线如为折线会产生折冲波、水流不对称、淤积和空蚀等一系列问题,应慎重对待或采取相应处置措施。

12.2 总体布置

12.2.3 跌水与陡坡进口段布置应满足泄流能力的要求;使水流尽量平顺通过进口控制段进入跌落或陡坡;并在通过各级流量时,均能保证上游渠道要求的水位,不发生过大的壅水和降水现象,为此,本标准规定了进口的形状、长度并要求设置缩小过水断面的跌口。对上游水面降落渠段内无分水口和已衬砌耐冲的渠道,就不需要再设跌口,以加大单宽流量,节约工程投资。

12.2.4 陡坡陡槽段的主要水力特性是坡陡、流急,水流对边界条件的变化非常敏感,故应尽量减少陡槽边墙的扩散、收缩和转弯,使其保持同一纵坡或者采用越来越陡的纵坡,这对防止出现折冲波和水流不脱离槽底,以减少空蚀是十分必要的。

必须转弯的陡坡应设置缓流段进行转弯,并应在陡槽转弯段采取克服急流折冲波的有效措施。

陡槽段的纵坡涉及陡槽长短及材料用量,一般应随地形而定,过陡会增大土方开挖量并可能造成土坡失稳。只要陡槽段斜面与水平面之夹角(倾角)小于地基土壤潮湿或者饱和水状态(以陡槽衬砌效果确定)下的内摩擦角,就能保证陡槽土坡稳定。

陡槽段流速较急,实验表明,一般当流速达到 $7\text{m/s}\sim 8\text{m/s}$ 左右时,水流会出现掺气现象,掺气后水深加大,陡槽边墙应随之提高。当流速超过 14m/s 后就增加了空蚀破坏的可能性,因此限制表面不平整度和采用人工掺气都是行之有效的减蚀措施。

人工加糙使陡槽糙率增加,从而加大水深并降低水流速度,减小陡坡下游消能压力,效果比较显著,在落差不大的工程中采用较多。人工加糙一般由一定形式、一定间距、高于陡槽的突出物组成。若其间距过小或者形式及其他参数选取不当,轻者会使槽内急流脱离陡槽底面而产生不同程度的负压,造成空蚀破坏,重者能引起陡槽底板或边墙振动,严重影响建筑物自身安全,所以选择加糙形式时必须慎重或经试验确定。工程中常用的加糙形式有棋盘式、交错式、单人字形、双人字形、矩形横条和台阶式加糙等,可根据具体情况选择,同时应加大陡槽边墙高度。

陡槽段的主要任务是平稳安全地输送水流,矩形断面是最合适的形式。但在宽度大、水深浅、坡度大的陡槽中,可能发生横贯陡槽连续不断的滚波,造成急流不稳。通过限制湿周来限制陡槽宽度或者采用人工加糙来增加水深都是防止滚波现象的措施。

陡槽的衬砌应设置沉陷伸缩结构缝,接缝处若不平整而存在升坎、跌坎、凸起体时,往往会成为高速水流产生空蚀的最重要的原因。此外,高速水流若沿伸缩缝钻入衬砌底面或岩石缝隙还会产生动水压力,掀起底板,引起工程安全事故,因此应严格控制接缝的施工质量。

12.2.6 陡坡和跌水(主要是陡坡)下游冲刷的影响因素很多,最主要的是跌水口的单宽流量,消力池的长度、深度和形式,消力池与下游渠道的联接形式以及运行管理情况等。根据对陡坡、跌水下游渠道产生冲刷原因分析,可采取以下一些措施:

(1)根据实地观测,下游冲刷往往是由于跌口单宽流量过大所致,故设计跌口时,不仅应满足过水能力及不使建筑物前产生过大

壅水和降水,而且应使跌口单宽流量 q_k 与上游渠道单宽流量 q_0 维持一定比例,该比值以 $q_k/q_0 = 1.3 \sim 1.6$ 为好。有时为了使跌口单宽流量不致过大,可采用台堰式跌口,或在跌口前设置跌舌,对于陡坡则可采用扩散式陡槽。

(2) 消力池的宽度应能使消力池的单宽流量小于或等于 $10\text{m}^3/\text{s} \sim 15\text{m}^3/\text{s}$, 跃前水流佛汝德数大于 2.5, 在 4.5~9.0 之间; 消力池深度应按照水跃跃后水深大于下游渠道水深和淹没系数等于 1.05 倍~1.10 倍的原则选取。池长应大于陡坡的水跃长度或者跌水自由跌落水舌的水平投影长度与水跃长度之和, 详细计算见附录 N. 2。跌差较小而流量较大的陡坡, b_2 型降水曲线长度多大于陡槽长度, 陡槽末端出现水跃跃前水深。跌差较大而流量较小的陡坡, 降水曲线会在陡槽内结束, 陡槽末端水深已经趋于正常水深, 其所需消力池的长度不再随跌差增加而增大。应注意, 消力池的最大池长和池深并不一定与渠道最大设计流量相对应, 应将通过陡坡或者跌水的流量按数值分级并分别求其水跃跃后水深和下游渠道水深, 选用水跃跃后水深和下游渠道水深之最大差值所对应的流量值来设计消力池。

(3) 应保证消力池出口断面的流速分布均匀。消力池设计过小或过短, 是造成下游冲刷的重要原因, 应予以重视。为了降低出口平均流速, 出口流速最好控制在下游渠道最大允许流速的 50%~70% 范围内。

(4) 国内外在渠系建筑物新型消能设备方面的研究成果较多, 在大量试验的基础上提出了一些新型消力池, 如格栅式、USBR 式、SAF 式、冲击式和菱形陡坡消力池等, 多数已经过实践考验, 设计思想新颖, 消能效果明显, 工程费用节省。但其针对性很强, 各有不同的适用条件, 应结合具体工程情况详细类比选择, 跌差较大而重要的跌水或陡坡的消力池的布置形式, 宜进行水工模型试验确定。

12.2.8 跌水与陡坡 本身是连接落差的建筑物, 渗透水流具有较

大的水头位能。因渗流及其冻胀作用会造成地基土壤、砌体的淘刷破坏,河旁库边的大跌差陡坡会在河库水位骤降时引发地基土壤滑塌失稳,会加大跌水墙背的填土容重,因此在进口加强防渗措施的同时,应在布置陡槽及消力池段时设置基础排水设施。陡坡基础排水设施一般可分段设置横向排水沟(管),并与沿陡坡两侧或中轴线设置的纵向排水沟(管)相连通,使渗水沿纵、横向排水网和分段设在陡坡衬砌体水面以上的排水孔排入消力池或下游渠槽中。消力池水深以上的跌水墙上应视渗流水量设1层~2层排水孔将渗水排入消力池。所有排水孔内侧应做好反滤。

12.2.9 要求多级跌水(多级陡坡)在各级消力池末端至下一级的跌口(或下一级陡坡的陡槽起点)之间设置一段底坡为零的整流段,整流段的纵向顶长应大于其水跃的跃后水深,是为了使从消力池出来的极度紊乱的水流能在整流段中得到调整并达到稳匀后再进入下一级,使下级陡槽中不出现折冲波。为了适应地形,各级消力池后还可以用渠道连接再伺机下跌。最后一级采用消力池时,应保证下游渠槽水深大于池中跃后水深。如果池后为河道或宽阔沟道,则应按出口断面处河道或宽阔沟道的实际水深来确定消力池深度,无水河沟的水深应取为零。要求各级的落差基本相同,主要是为了减小设计工作量和方便施工。

12.2.10 为了保证斜管式跌水管内为压力流态,应确保进口充分淹没或者限制其工作跌差小于6m,以便在管末不能保持满管压力流态时负压有限。斜管式跌水管内若为全无压明流状态,则浪费了管道断面,如无充分理由不应采用。斜管跌水应满足下述要求:管道接头不漏水、斜管的坡度应大于临界底坡、纵断面不应从陡坡变为缓坡以免在管内发生水跃、因地制宜地采用有效的消力池形式。

12.2.11 我国东北寒冷地区为了保温,城市市政暗渠或为了使暗管少占地,多采用跌井形式,其流量、跌差一般均不大,且井筒全部砌护。我国西北黄土地区塬高沟深,一些小流量支、斗渠上人工开

挖的跌井工程量较小, 跌差有时超过 20m。跌井的竖井为上小下大形状的, 设计简单, 而上大下小的竖井、弯管和横洞不应为满管有压流, 设计比较复杂。跌井存在的问题一是进口淹没水深小、进口和井口顶坎的形状欠佳而常出现漏斗状漩涡, 二是消能不完全, 常造成出口冲刷破坏。

12.3 水力设计

12.3.1、12.3.2 在跌水与陡坡水力设计中, 过流能力和水跃消能计算是必须进行的基本内容。推求陡槽段水面线和掺气水深计算是大跌差、大流量、高流速陡坡或者重要工程必须进行的内容。

水跃计算首先应确定跃前水深, 跃前水深一般由降水曲线推求。对下游水深较大, 淹没式水跃在陡槽末端开始的情况应推求跃前水深, 再推求跃后水深。各种消力池均有特定的设计方法, 本标准只简述了平底矩形消力池的设计原则, 并在附录 N.2 中给出了其计算公式。消力池应能导致发生并容纳整个淹没式水跃, 池深应能使跃后水面略低于下游渠道水面。跌水的消力池长度应略大于跌水水舌与水跃长度之和, 池宽应大于经全部跌口后扩散下泄后的水舌宽度, 单宽流量越小, 消能效果越好。

12.3.3 陡坡上的水面线为 b_2 型降水曲线, 推求陡槽水面线时首先应确定起始断面及其水深。大量试验表明, 陡坡起始断面的水深一般小于临界水深, 临界水深发生在跌口上游, 距离跌口控制断面大约 1 倍临界水深的范围内。在跌口控制断面及其下游一段距离内水流为急变流, 并逐渐过渡到渐变流, 最终向正常水深趋近。在实际工程设计中, 为了简化计算, 一般采用临界水深作为陡坡起始断面即控制断面的水深, 并以此推求陡坡中的水面线。这样算出的水面线高于实际值是偏于安全的, 对于一般陡坡是适宜的。但对流量、跌差较大的重要陡坡, 则应准确计算控制断面的水深, 进而推求水面曲线或由水工模型试验确定陡槽水面曲线。

12.4 结构设计

12.4.7 关于跌水与陡坡消力池挡土墙及陡槽荷载的计算方法,可参考现行行业标准《溢洪道设计规范》SL 253 的相关规定。北方一些跌水与陡坡的消力池经常淤积严重且石块巨大,需要用机械清除,凡可能发生这种情况的,消力池底板设计中应考虑清淤机械的荷载。

13 排洪建筑物

13.1 一般规定

13.1.1、13.1.2 灌溉渠道由于下列原因易遭受洪水破坏：傍山修建的盘山渠道截断了天然洪水排泄的通道导致暴雨洪水夺渠而入，渠道因大量塌方、渠旁树木、杂物进入渠中阻塞漫溢而形成的意外事故，渠首或其他闸门操作失误造成的事故，以及渠道下游泵站或水电站突然停机关闭使引水渠道水位上涨漫溢等。我国四川等地区还有灌溉汛期兼做排洪渠道的习惯。修建排洪建筑物的目的就是防止由于上述原因而造成渠水漫溢、渠堤决口垮塌及对渠系建筑物的破坏。此外，在一定长度的渠道上或重要渠系建筑物、重点保护区上游也需设置兼有泄空退水功能的排洪建筑物。

当洪水水位等于或高于渠道且流量不大，而渠道设计水位以上的超高断面可以容纳该洪水顺利通过时，或者渠道可以停水全力排洪时，可引其进入渠道择机排出。流量较大、污染严重的洪水应视其与渠道高程的关系，采取跨渠或穿过渠底的建筑物排泄。对排、引结合且水面高程基本持平的可采用平交排洪建筑物，在条件允许时，应尽量采用非入渠排洪建筑物，不让洪水入渠以减轻渠道负担并方便管理。

本章主要规定渠道排洪建筑物的设计，不包括相关的河流、沟溪防洪保护、坡面排水、退水渠道和容泄区整治等工程设计内容。

13.1.3 排洪建筑物的数量、位置、结构形式、功能和布置应根据地形、地质和运用条件通过方案比较综合确定，满足渠道防洪设计的统一要求。不必强求等距离设置或过分集中排泄，应尽量减少

附属工程数量。排洪建筑物应尽量利用原有的洪水通道,新建的也应尽量与原洪水通道连通。

在不影响自身运用且有条件时,与其他渠系建筑物结合布置可以减少对渠道的干扰和工程量。例如:排洪闸与泄空退水闸结合、排洪渡槽与桥结合、渠下排洪涵洞与交通涵洞结合等。

13.1.4 渠道洪水的成因类型通常有暴雨型、融雪型、沟溪小水库的溃坝型或其复合型。形成渠道洪水的汇流面积一般不大,应采用小流域设计洪水的计算方法或当地适用的经验、推理公式计算。对入渠的洪水,通常是在渠道以外先行收集洪水,经入渠口引入渠道。沿途汇集几个人渠口引入的洪水后,再经渠侧排洪建筑物排出,故其设计流量应是几个人渠口所引入洪水的流量之和。

13.1.5 一般的排洪建筑物应尽可能具有自动启用运行功能,以提高安全可靠。

13.2 总体布置

13.2.1、13.2.2 入渠排洪建筑物的功能是将洪水安全地引入渠道,以便增加灌溉水源或利用渠道超高断面的过流能力输送洪水并将其由排洪建筑物泄入天然溪沟。

(1)引洪入渠口宜结合地形或防洪设计分散、多处设置。应准确推算入渠洪水流量,确保引洪入渠口正常运行,使洪水安全通过。实际工程中常见因洪水超过设计流量以及施工弃渣改变了洪水流道位置等原因,导致毁坏入渠口,使洪水不能从设计的引洪入渠口顺利入渠的事故。含沙量大的引洪入渠口前应设置沉沙池,避免泥沙入渠。

四川省等一些多雨地区的灌溉渠道,是唯一便利的泄洪通道。在灌溉季节遭遇洪水时宁肯停止灌溉,也要腾出渠道全力泄洪。

(2)进入渠道的洪水流量应小于或等于渠道设计水位以上安

全超高断面所具有的泄洪能力。

13.2.3 溢洪侧堰是最简单的开敞式渠堤溢洪建筑物,过堰水流方向与渠道水流方向垂直,其泄流能力主要由堰顶长度、高度和堰型决定。堰顶应与渠道设计水位齐平,溢流时,堰前最高水位允许达到渠道加大水位。应以组合洪峰流量和渠道设计流量的差值作为设计流量,其宣泄能力较小,宜作为渠道上的辅助泄洪建筑物。为了加大泄量,常采用降低堰顶,并加设自动翻板闸门、自溃式子坎等措施。溢洪侧堰应设在稳定的场地和良好的地基上,堰后有完善的消能防冲设施和洪水出路,确保安全泄洪。

13.2.4 虹吸溢流堰是在渠堤上利用虹吸作用自动宣泄水量的泄洪建筑物,由设于渠顶的矩形过水断面虹吸管、驼峰状堰、通气孔和末端消力池组成。堰顶高程与渠道设计水位或加大水位齐平,虹吸管断面尺寸根据作用水头和要求泄量按有压流估算,一般不宜过小,以便进行检修。其特点是:在相同水头下,其有压流的泄量远大于溢洪侧堰无压流的泄量,或者是泄量相同时需要的水头及堰顶长度较小。虹吸管道进口应有足够的淹没深度,进口断面尺寸至少为堰顶断面的两倍以上,以避免带入空气、漂浮物和减少水头损失。在堰顶下游具有一定水头的堰面上设挑流低坎,将刚开始溢出的水流(尚未充满虹吸管的)成水帘状挑向对面管顶以封闭虹吸管,避免空气由管尾进入,促进形成有压流。虹吸溢流堰结构紧凑,能自行启闭,可作为单独的安全溢流设施,也可作为重要排洪闸的安全保险措施同时建设,实用效果好。

13.2.5 排洪闸泄量大并可很快泄空渠道水量,兼有排洪、排沙和事故退水功能,分开敞式和涵洞式两种。排洪闸底槛高程宜与渠道底齐平或降低,出口宜设置陡坡或跌水及消能防冲设施。与渠道节制闸联合布置的排洪闸,可加快泄洪、拉沙,便于管理。陕西省 20 世纪 70 年代开始采用一种在被泄渠道上不设节制闸的无渠

闸式泄洪闸。其潜没式泄洪闸开启后,被泄渠道的水流全部进入闸前渠底凹槽后泄出,这种形式具有投资少、效果好等优点,可以推广。

提高排洪闸自动运行能力是十分必要的安全措施。加强养护、提高遥控能力、允许从关闭的闸门顶部溢流和闸旁设置虹吸式溢洪堰都是实践证明可行的方法。排洪闸的设计流量应包括渠道设计流量和进入该渠段的洪水流量。

13.2.6~13.2.8 非入渠排洪建筑物包括与渠道立体交叉的排洪渡槽(桥)、涵洞、倒虹吸管等渠系建筑物,用以将被渠道截断的天然溪沟洪水、收拢的坡面雨洪和洼地积水通过渠顶或渠下排走,避免洪水入渠。

排洪渡槽(桥)的布置和设计方法与常规渡槽相同,所不同的是对水头损失和进、口水流平顺条件要求不严格,故可以采用较大的纵坡,简化细部结构,必要时增设出口陡坡和消能防冲措施,以减小槽身段过水断面,节约投资。排洪渡槽(桥)不应阻断渠顶检修道路,渡槽两端过渠顶段应采用过水路面或埋设涵洞等形式,既满足渡槽过水,又保障渠顶道路畅通。排洪渡槽(桥)下部构造和净空应满足渠道运行要求,不影响渠道正常输水和渠堤道路畅通。北方地区的排洪渡槽每年泄洪次数有限,可以兼作农桥沟通日常交通,做到物尽其用。

渠下倒虹吸管、渠下涵洞的设计要点:一是要防止其淤积堵塞,进口应设沉沙池,断面不应过小;二是对水头损失要求不高,可采用较大纵坡;三是应注重维护渠道各类设施安全,确保渠道和排洪建筑物共同安全正常运行。

采用渠下涵洞泄洪时,有条件的宜兼作交通涵洞。

13.2.9 在湖北、湖南两省的平原、圩垸水网发达区,溪沟或河道的洪枯水量差别不大,含沙量较小,渠道与溪沟的水面高程接近,且水稻等农作物需水量较大。针对这些特点采用平交排洪建筑物可以使两相交水流在不同的时段内,根据需要或将河水引入渠道

灌溉,或将渠道洪水泄向下游溪沟,同时满足了渠道和河道安全运行的需要。

可将平交的河沟与渠道比拟为十字路口交叉的两条大街,把节制闸比拟为设于路口的红绿灯,就可充分体会到平交排洪建筑物之妙处。

14 水 闸

14.1 一 般 规 定

14.1.1~14.1.3 闸址选择应以渠道规划为主,同时考虑地形、地质等条件。宜优先选用地质条件良好的天然地基,最好选用新鲜完整的岩石地基,或承载力大、抗剪强度高、压缩性低、透水性小、抗渗稳定性好的土质地基。淤泥、淤泥质黏土或粉沙、细沙地基最差,特别是粉沙、细沙地基抗渗稳定性差,应尽可能避开。中等土质地基若设计采取的措施失当,也有可能发生局部渗流破坏或局部冲刷,对此应予以注意。

14.1.4 渠道水深有限、灌溉渠道水头宝贵,采用开敞式水闸的过闸水头损失和工程量均较小。对过水流量和孔口尺寸较小并位于渠堤上的水闸,以涵洞及填土代替桥梁沟通渠堤交通,同时也经济美观。

为了避免与现行行业标准《水闸设计规范》SL 265 重复,本章只就渠道水闸设计特点进行补充性的规定,具体设计应执行现行行业标准《水闸设计规范》SL 265 的规定。

14.2 总 体 布 置

14.2.1 对本条关于水闸分类和功能的有关款项补充以下说明:

冲沙闸常设在有坝或无坝渠首中配合其他设施冲沙。特殊需要时才配合节制闸在干、支渠一侧设置冲沙闸,排泄淤积于部分渠段中的泥沙。由于其在渠系中使用较少,且其组成、构造及设计要点与一般水闸相同,故未列入条款。

斗门是小型分水闸,用于调节、控制进入斗渠的流量,设于干、支渠渠岸侧旁。一般以 90° 的分水角引水,多采用涵洞式,规模较小,故未列入条款。

本条第 2 款提倡将就近的多个闸集中在一起,建成水闸枢纽。

排水闸、泄水闸、退水闸的分类,各种书中不尽一致。例如,《中国水利百科全书》(水工建筑物分册)将泄水闸、退水闸、挡潮闸等均归并到排水闸一类中,然后根据水闸所处位置与具体作用再加以区分与定义。排水闸是排泄洪涝渍水的水闸,又称排涝闸。通常设在洪涝地区向江河排水的出口处。灌溉渠道上的排水闸用来排出灌溉渠道内多余的水量,如洪水期排除渠系集水面积内的洪水,一般称为泄水闸。位于渠道末端,用以排除渠内积水、便于检修渠道,称为退水闸。建于沿海排水河道出口处的排水闸,亦称挡潮闸。在现行行业标准《水闸设计规范》SL 265 中,则将排水闸(排涝闸)、泄水闸(退水闸)、挡潮闸分别列出,但把排水闸与排涝闸、泄水闸与退水闸等同定义(即括号内部分)。在原规范中,把泄水闸与退水闸分别列出,但采用了退(排)水闸的表示,即将退水闸与排水闸等同定义。本标准基本按现行行业标准《水闸设计规范》SL 265 的规定采用,退水闸虽单独列出,但在条文中作为泄水闸的一种特例。

排水闸常建于排水渠道末端的江河堤防上。当外河水位高于堤内水位时,关闸挡水,当堤外江河水位低于堤内涝水位时开闸排水,减免农田遭受洪涝灾害。当堤内农田有蓄水灌溉要求时,根据需要可关闸蓄水或从外河引水,因此排水闸常具有双向挡水和双向泄水的特点。

14.2.2 关于渠系水闸的总体布置说明如下:

节制闸闸孔数较少,一般小于 10 孔。孔数较少的节制闸宜选用奇数孔,主要是为了保证节制闸开闸运行时,闸下有较好的流态。

分水闸闸址宜选在顺直渠段或弯道凹岸顶点稍偏下游处。在弯曲渠段深槽一般是靠近凹岸一侧,无论水位高低,主流随深槽而偏向弯道凹岸,不仅对分水闸引水有利,而且因弯道环流作用,底沙向凸岸推进,从而减少底沙被挟带入渠。

泄水闸、退水闸、排水闸闸址宜选择在距离容泄区近、地势低洼、出水通畅处,这样可缩短水头损失和土方量,增加有效排水量,减少工程投资。渠道上的泄水闸一般都建在傍山塬腰、河旁沟边、高边坡等地形条件较差的渠段上,布置时应确保自身稳定性,闸后应设相应的泄水渠道,将渠水引入容泄区。例如陕西省宝鸡峡引渭灌溉工程塬上总干渠 98km 的渠段位于渭河地堑北坡的黄土塬边半腰上,渠段所经之处塬高坡陡、沟壑纵横、连续分布古老滑坡 170 多处,最高边坡达 80m,塬下即有陇海铁路和城镇。渠道沿线设置了多处泄水闸和退水道,以便发生事故能及时泄空,确保下游塬边渠道和塬下人民生命安全。目前工程已安全运行了三十多年,泄水闸的安全作用功不可没。

为了保证过闸单宽流量和过闸水头损失不致影响渠道运行,闸孔净面积与渠道过水面积大致相等。

闸孔总净宽的确定主要涉及两个问题:一是过闸单宽流量的大小;二是闸室总宽度与渠道总宽的关系。渠系上的节制闸闸孔总净宽宜等于渠道总宽。分水闸、泄水闸闸孔总净宽宜等于或略小于闸后的渠道总宽。

水闸总净宽可根据闸的具体结构形式和设计水流条件进行计算。开敞式分水闸、涵洞式分水闸分别按宽顶堰或压力涵管淹没出流的条件进行计算;闸底与渠底齐平的节制闸按淹没式宽顶堰计算;泄水闸设计流量应等于或大于渠道设计流量,水力计算应分淹没出流或自由出流两种情况进行,详见现行行业标准《水闸设计规范》SL 265 规范。

在水闸设计中,过闸单宽流量的采用,对水闸的工程造价和下游消能防冲设施的安全运用都有直接的影响。根据长江中、下游各省土基上建闸的经验,在水闸的可行性研究阶段,其过闸单宽流量可按下列数据选用:粉砂、细砂、粉土和淤泥 $5\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})\sim 10\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$,沙壤土 $10\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})\sim 15\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$,壤土 $15\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})\sim 20\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$,黏土 $15\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})\sim 25\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$ 。

奇数闸孔便于使过闸水流对称于渠道中心线,从而减少渠道冲刷。根据水闸的运用要求,其上、下游水位,过闸流量,以及泄流方式(如闸门的开启程序、开启孔数和开启高度)等是复杂多变的,因此水闸的闸下消能防冲设施应能够满足任何可能出现的水力条件下,消散动能、均匀扩散水流的要求,且应与下游渠(河)道有良好的连接。

为了保证分水闸能得到足够的分水量,减少分水闸前泥沙淤积,泄水闸能够及时有效地排除渠道内的余水,分水闸、泄水闸的中心线与渠道中心线的交角宜为 $60^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 。对分水闸较多的闸枢纽,因位置所限,也有交角更小的可能,但不宜小于 30° 。泄水闸下游的引渠宜短而直,以利迅速泄水,并减少泥沙在下游引渠中淤积。

闸底板或闸槛高程的确定,不仅对闸孔的形式、尺寸和闸室的稳定有着决定性的影响,而且直接关系到整个水闸工程的工程量和造价。应根据渠底高程、水流、泥沙、闸址地形、地质等条件,结合选用的堰型、门型,经技术经济比较确定。多泥沙河流上的分水闸,在满足分水条件下,闸槛高程可比渠底高程略高一些,以防止大量推移质泥沙被挟带入渠。排水闸、泄水闸,在满足排水、泄水条件下,闸底板或闸槛高程应低于渠底高程,以保证排出渠系集水面积内的洪水。

工作闸门门槽应设在闸墩水流较平顺部位,可避免产生因水流流态不好对闸门运行带来不利的影响。

水闸的墙体相对单薄,我国北方地区的水闸常因冻胀原因造成墙体歪斜倾倒。抗冻胀措施以加大尺寸、加强排水为主,在墙背换填砂砾料、泡沫塑料板等措施也常采用。

15 隧 洞

15.1 一 般 规 定

15.1.1 由于灌溉隧洞进口水深和过洞落差一般都不大,故多数采用低流速无压隧洞的布置形式。所谓低流速,一般是指小于1.5m/s的流速。为保证洞身输水安全,无压隧洞洞内应避免产生水跃。

15.1.3 根据国内隧洞工程实施情况和有关规范要求,将混凝土和钢筋混凝土衬砌的强度等级适当提高,对隧洞单、双层钢筋混凝土衬砌厚度作了界定。

15.1.4 隧洞设计应执行现行行业标准《水工隧洞设计规范》SL 279。本章仅做了一些补充性的规定,以方便理解和使用。

15.2 总 体 布 置

15.2.1 隧洞选线与地形、地质条件有密切关系,特别是地质条件,有时甚至是决定隧洞能否打成的关键,因此隧洞选线对沿线地质有严格的要求。

15.2.4 无压隧洞洞身断面形式和尺寸很大程度上取决于围岩特性和地应力分布情况。圆拱直墙式断面轴线与实际内力分布状态有较大差别,但施工方便、水流平稳,适用于地质条件较好,铅直围岩压力较小而无侧向围岩压力情况。其断面高宽比宜为1:1.5,洞内水位变化较大时取大值,垂直地应力大于水平地应力时宜采用较大高宽比,反之取用小值。

当地质条件差,岩石较破碎,铅直及侧向围岩压力均较大时,可选用马蹄形。马蹄形断面有两种标准形式,即顶拱内缘均为半径 R_1 的圆弧,而侧墙及底板内缘侧分别为 $R_2=2R_1$ 或 $R_2=3R_1$

的圆弧。

蛋形断面在最大宽度以上的轮廓线一般由三圆心曲线组成,其受力条件比前二者好,适合于地质条件差、围岩压力大的情况。

16 农 桥

我国交通部公路规范仅适用于四级及四级以上各级公路及其桥梁,没有对四级公路以下道路进行分级的规定。因此,本标准规定四级公路以下的乡村道路和渠堤专用检修路为等外级道路,在其上的桥梁为等外级桥梁,并定义为农桥。本章对农桥的设计等级与荷载做出了规定。乡村道路泛指村与村、乡镇与村庄之间交通部没有规定等级的公路,田间道路是指村庄和种植田园之间或者种植田园内部的机耕路,放牧道路是指牧区很少通行中型车辆的道路,渠堤检修路也属于该范围,为了统一名称又不要分级过多,把与渠道相关的乡村道路上的桥梁统一命名为农桥。本章的规定只适用于与渠道相关的桥梁。

16.1 一 般 规 定

16.1.2 根据国内外观测研究,当设计速度高时,汽车运行速度低于设计速度;当设计速度低时,汽车运行速度高于设计速度。这也说明设计速度与汽车运行安全有关。表 16 摘录了我国交通部规定的各级公路设计速度,说明农桥已经采取了与四级公路相同的设计速度。

表 16 各级公路设计速度

公路等级	高速公路			一级公路			二级公路		三级公路		四级公路
设计速度 (km/h)	120	100	80	100	80	60	80	60	40	30	20

四级公路可以是双车道,也可以是单车道。因此交通量更低的农桥按单车道设计是可行的,仅对特殊情况予以放宽。

16.2 总体布置

16.2.2 桥孔布置关系渠道运行安全、渠道输水能力、灌溉或排水面积及效益,所有跨渠桥梁的桥孔布置应符合本条规定,才能确保不影响渠道功能和安全。同一渠道上的桥梁宜采用同一结构形式,以有利于优化设计和便于施工,且美观整齐。实现桥梁结构形式和跨度的标准化,可以达到提高质量、缩短工期、减小造价的目的。

16.2.3 本条第1款的安全高度值系参考本标准及现行行业标准《碾压式土石坝设计规范》SL 274的有关规定制定。

16.2.4 参考现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60—2015第3.3节的规定,考虑单车道农桥长度较小,为了便于农业机械通行,一般可以按人与汽车不同时过桥的情况设计,不设人行道而只设路缘石。

关于农桥宽度,本标准编制组调查了国内农业机械生产供应情况,调查结果表明条文内容是合适的。调查结果如下:

为了解目前国内大型农业机械的结构外形尺寸,先后对国内20多家大、中型农机制造企业进行了调查考证,其中包括目前全国较大的农机制造公司约翰迪尔佳联合收获机械有限公司和山东双力集团股份有限公司。

目前,手扶拖拉机宽度基本上在0.96m~1.929m范围内。常州东风农机集团有限公司生产的东风牌系列手扶拖拉机最小宽度为0.96m,江苏悦达盐城拖拉机制造有限公司生产的黄海金马系列拖拉机宽度在0.96m~1.929m范围内。

农机尺寸大小不等,大多在0.5m~2.7m之间。江苏悦达盐城拖拉机制造有限公司生产的1LS-125型单铧犁宽度仅0.5m,单铧犁可以组装成三铧犁、六铧犁等。湖州中收星光收割机有限公司生产的新三王-骄子联合收割机4LZ-2.5型宽度为2.7m。目前国内最大的收获机械为山东双力集团股份有限公司生产的双力

3588 自走式纵向轴流广谱联合收割机,最大割幅达 4.0m(大豆),据厂家专业人员介绍,机械最大零部件均可拆卸,能满足公路运输。约翰迪尔佳联合收获机械有限公司专业人员介绍,该公司生产的大型收获机械一般适用于大型农场,不适用于山区,但这些机械都采用把部件运至使用地点再组装成型的方式,每个部件及其包装均能满足公路运输的要求。

目前,公路运输最宽的平板挂车为郑州白云机电装备股份有限公司生产的 YMK9270 栏板半挂车,宽度 2.5m。

因此,目前生产的农机,符合公路运输的规范要求。本标准采用的车行道宽度与公路规范一致,并考虑大型农机只是季节性过桥下田,无须因此而增加桥面宽度。

16.2.5 本条要求当跨渠桥从渠堤检修路上空立体交叉通过时,其桥下净空除应满足桥下公路的功能要求外,还应满足视距和前方信息识别的要求,同时应满足渠堤宽度的要求。

16.2.8 本条内容是长期实践的总结,合适的桥上和桥头引道纵坡可使桥路衔接顺畅,满足行车要求,充分发挥桥梁作用。

16.2.9 对小农桥可以采用一侧栏杆一侧路缘石的布置形式,既方便了满载秸秆的车辆通行,行人也有一侧栏杆保护。对跨度和高度更小的农桥,即万一有人掉下去也无危险的可只设路缘石。

16.3 农桥荷载标准

16.3.2 考虑到专用人行农桥过桥的人负重较大,所以人群荷载标准值取值为 4.0kN/m^2 ,稍大于公路专用人行桥的 3.5kN/m^2 。农桥栏杆的设计荷载值与公路规范相同。

17 田间工程

17.1 一般规定

17.1.3 典型区应具有一定的面积,应能充分揭示田间工程配套中可能遇到的问题并加以解决。实践中选择的典型区能代表不同灌排分区特征条件和不同灌溉方式,对于田间工程的建设示范作用和控制投资其意义更大。因此,为了满足不同规模灌区工程设计需要,典型区面积宜取灌区总面积的1%~5%,灌溉面积较大的灌区宜取小值,灌溉面积较小的灌区宜取大值。

17.3 灌水沟畦与格田

17.3.1 灌水沟畦是田间灌溉系统中最末级工程,是直接受水区。灌水沟畦要素决定灌溉效率和效果。因此选择不同灌溉方式下的灌水沟畦技术要素,是典型工程设计的关键。灌水沟畦的理论计算,具体方法可参考有关研究成果资料。

17.3.2~17.3.7 田间工程是灌区灌排工程中重要的组成部分,畦灌、沟灌、格田灌是常用的地面灌溉方式,随着灌溉技术的不断发展,地面灌溉方式也在不断改进,逐步发展了更加节水的长畦分段灌、水平畦灌、波涌畦灌、波涌沟灌、覆膜畦灌、覆膜沟灌等,因此,田间工程设计可根据需要选择。

长畦分段灌、水平畦灌、波涌畦灌、覆膜畦灌等灌溉方式通常适用于密植作物灌溉;沟灌、波涌沟灌、覆膜沟灌等灌溉方式通常适用于宽行距旱作物灌溉;格田灌通常适用于水稻及盐碱地冲洗灌溉。改进式地面灌溉需要增加输水软管、入口流量自动控制系统及覆膜等配套措施,需要精细化管理,运行管理要求也更高,但

其灌水均匀度高,灌溉更加节水。因此,在干旱缺水、有节水要求的地区可选用。

采用波涌畦灌时,田面纵向坡度宜为 $1\% \sim 6\%$,不宜存在局部倒坡或洼地,畦宽不宜超过 4m,畦长不宜大于 240m。

采用波涌沟灌时,灌水沟的间距(沟距)应与灌水沟的湿润范围相适应,并满足农作物耕作栽培和机耕要求,轻质土壤的间距宜为 500mm \sim 600mm,中质土壤宜为 600mm \sim 700mm,重质土壤宜为 700mm \sim 800mm。沟长应根据沟底坡度、土壤入渗能力、入沟流量、土地平整程度以及农机作业效率等因素确定。

长畦分段灌溉可以实现 $450\text{m}^3/\text{hm}^2$ 左右的低定额灌溉,灌溉效率可提高一倍左右,投资小,技术操作简单。水平畦灌的特点是畦田面积大(可达 3.33hm^2),入畦流量大,水流推进速度快,深层渗水少,灌水均匀度高。

17.3.8 η_t 、 E_s 和 C_u 三项指标综合评价地面灌水质量的方法,国内、外均有采用。其含意是当灌水量不足时,虽 η_t 可达到 1,但 E_s 较低,不能满足作物生长所需要的水分,达不到高产的目的;灌水量虽然适当,如 C_u 不高,则可能导致某些地区出现深层渗漏,某些地区又有灌水量不足的现象,作物长势不均匀,产量也不会高;如果超量灌水, E_s 、 C_u 都可能达到 1,但 η_t 却较低,达不到节水的目的,还可能引起生态方面的负效应。所以必须同时用三项指标才能综合反映出灌水质量的优劣。从我国北方地面灌水技术现状分析,三项指标达到 0.85 以上,经过努力是可以做到的。

本标准式(17.3.8-1)~式(17.3.8-3)中的 W_s 、 W_n 及 $\overline{\Delta Z}$ 可按下列公式计算:

$$W_s = A\gamma H(\omega - \omega_0) \quad (3)$$

$$W_n = A\gamma H(\omega_{\max} - \omega_0) \quad (4)$$

$$\overline{\Delta Z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |Z_i - \bar{Z}| \quad (5)$$

- 式中： W_s ——灌后储存在土壤计划湿润层中的水量(m^3)；
 W_n ——灌前土壤计划湿润层所需的水量(m^3)；
 A ——试区面积(m^2)；
 γ ——土壤容重(t/m^3)；
 H ——计划湿润层深度(m)；
 ω ——试区灌水后平均土壤含水率(占干土重%)；
 ω_0 ——试区灌水前平均土壤含水率(占干土重%)；
 ω_{max} ——试区 H 深度内土壤田间持水率(占干土重%)；
 Z_i ——灌后第 i 点土壤中的实际储水深度(mm)；
 \bar{Z} ——灌后试区各点土壤中的平均储水深度(mm)；
 n ——试区内土壤储水深度测点总数目。

17.3.10 土地平整可提高灌水均匀度，提高灌水效率，实现节水灌溉，是田间工程建设中非常重要和关键的建设内容，是提高地面灌溉效果的主要工程措施。因此在田间工程设计中应高度重视。土地平整应满足灌水沟畦对坡度的要求，精度宜采用田面相对高程标准偏差进行描述。旱作灌水沟畦的田面相对高程标准偏差宜小于 60mm，是根据试验资料和工程实践资料确定的，当采用激光平地技术时精度可适当提高；水稻格田的田面相对高程标准偏差宜小于 20mm。

17.4 低压管道输水灌溉

17.4.1~17.4.11 低压管道输水灌溉是我国发展较快的节水灌溉方式，是利用管道输水、灌水沟畦、格田直接受水的灌溉方式，是灌水沟畦、格田与管道的组合灌溉系统。因此管道系统布置，应与灌水沟畦与格田的形式、规格相适应，并满足灌水沟畦与格田的技术要素要求。

17.5 喷 灌

17.5.1 喷灌应在适宜性分析的基础上，通过技术经济比较进

行选择。喷灌系统适用于作物集中连片的种植条件,为最大限度地发挥其综合效益,应尽量与农业适度规模经营相结合。喷灌系统类型较多,按设备组成特点可分为管道式和机组式,管道式系统又可分为固定管道式、半固定管道式和移动管道式,机组式系统又可分为轻型、小型、中型等定喷机组或中心支轴、平移、绞盘、悬臂式等行喷机组。各种类型均有其适用条件,并且其投资造价和运行成本各异,管理运行要求不同,生产效率与喷洒质量也有区别。

17.5.4 配水点既是用户的水源点,又是输配水管网的出水点和两个层次管网的交接点,他的设置应有利于用户管网的布置,且应使输配水管道系统最经济。

配水点一般采用给水栓进行配水。一个给水栓可有1个~4个取水口,每个取水口上有计量调压装置。取水口可通过安装在它上面的标准出流套管,使其供水流量标准化、系列化。供水流量的等级,由用户管网控制面积确定。给水栓尚应有防冻等功能,保证在任何气候条件下正常供水。

在地形高差较大、基本上无法实现机耕的条件下,喷灌支管可垂直等高线布置。这时支管上各喷头处由于地形高差造成压力不等,多余压力可通过在喷头座处加设消能装置(如孔板)予以消除。

17.5.5 输配水系统投资较大,其投资额与通过流量(管径)和管道总长度有关。在流量已定情况下,管道总长度对投资的影响很大,可通过调整管道布置,使输配水管道总长度最短。

管网设计流量系各节点设计流量之和,设计时,首先假定管网设计流量保证率 p ,从标准正态分布函数表(本标准表17.5.5)中查得自变量 U 值,再用随机流量公式[本标准式(17.5.5-1)]求出该节点的设计流量。式中取水口等级是以流量划分的。

17.5.7 喷灌机组选型应主要根据喷灌地块的形状,以降低投资为目标进行选择。在喷灌效果相同条件下,喷灌机组类型不同时,

其单位面积的投资造价相差较大;而单台机组控制喷灌面积不同,其单位面积的投资造价也有差异。根据内蒙古黄河南岸引黄灌区引进美国大型平移式喷灌机组的实践(如表 17 和表 18 所示)可以看出:单台机组控制喷灌面积越大,喷灌机及土建工程的每公顷投资越小,无论地块长宽比大于 2,还是地块长宽比小于 2,公顷投资均随机组灌溉面积增大而下降;喷灌面积相同时,地块长宽比大,则每公顷投资小,地块长宽比小,则每公顷投资大,如表 17 中 2# 机组,地块长宽比为 2.6,其每公顷投资为 12675 元;9# 机组,地块长宽比为 1.4,其每公顷投资为 14205 元,后者比前者每公顷投资增加 1530 元,说明地块长宽比大于 2 时,宜选择平移式喷灌机组。

表 17 地块长宽比大于 2 的平移机组每公顷投资

喷灌机 编号	地块规格		长宽比	喷灌面积 (hm ²)	喷灌机及土建 投资(万元)	投资 (元/hm ²)
	长度(m)	宽度(m)				
1#	931	438	2.1	40.73	63.05	15480
2#	1205	461	2.6	55.53	70.40	12675
3#	1438	599	2.4	86.13	89.19	10350
4#	1317	513	2.6	130.27	105.61	8100
5#	1698	836	2.0	141.93	98.20	6915

表 18 地块长宽比小于 2 的平移机组每公顷投资

喷灌机 编号	地块规格		长宽比	喷灌面积 (hm ²)	喷灌机及土建 投资(万元)	投资 (元/hm ²)
	长度(m)	宽度(m)				
6#	638	438	1.5	20.73	57.78	20685
7#	809	489	1.7	39.60	66.27	16740
8#	882	500	1.8	44.13	68.81	15585
9#	922	657	1.4	60.60	86.08	14205
10#	1106	634	1.7	70.13	74.57	10635

17.6 微 灌

17.6.1~17.6.5 微灌主要包括微喷灌和滴灌,因其可以对作物根部实行局部灌溉或创造作物生长所需要的空气湿度环境,具有比喷灌更高的灌溉水利用率。我国开始引进时主要用于灌溉瓜果、蔬菜、茶叶、花卉、食用菌等经济作物,随着微灌技术的不断推广,目前在北方干旱缺水地区用于大田作物灌溉的面积增加较快,同时在旱作物覆塑料薄膜种植地区结合覆膜发展采用了膜下滴灌形式。随着微灌技术的不断推广使用,其产品研制、设计、施工以及运行管理水平逐步提高。微灌系统应根据设施农业及园林绿化建设的规格、标准、形式,农作物栽培模式、农业机械等条件选择布置形式。

一套首部系统控制的灌溉面积,主要根据灌溉水源的可供水量,同时考虑系统运行条件及投资等综合分析确定。目前新疆地区地表水滴灌单一一大田作物时,一套首部系统控制的灌溉面积一般为 $33.33\text{hm}^2 \sim 200\text{hm}^2$ 。新疆地区的经验是,比较经济的一套首部滴灌系统控制的灌溉面积为 $33.33\text{hm}^2 \sim 100\text{hm}^2$,且大多数是灌溉单一作物。

微灌的高效节水、小型化特点,对于水资源严重缺乏且干旱少雨地区,开发利用细小水源,解决分散小面积农田灌溉,更具实际意义,是一种值得推广应用的新技术。

17.7 田间渠道与排水沟

17.7.2 田间末级固定渠沟的布置有两种基本形式:一种是平行相邻布置,即灌溉渠道与排水沟相邻平行布置,这种布置形式适用于地形有单一坡向、灌排方向一致的地区;另一种是平行相间布置即渠道向两侧灌水,排水沟承泄两侧排水,这种布置形式适用于地形平坦或有一定波浪状但起伏不大的地区,渠道布置在高处,排水沟布置在低洼处。两种布置形式都有利于控制地形水位,不仅对

北方干旱、半干旱地区十分必要,对南方地区也很有必要。因为稻田地下水水位过高,土温降低,土壤冷浸,通气和养分状况变坏,对水稻生长也十分不利。同时,灌溉渠道与排水沟分开布置,按各自需要分别进行控制,两者没有矛盾,有利于及时灌排。

17.7.4 水稻区的格田尺寸和布置,应能适应机耕,便利灌排,方便生产,有利于作物生长。根据我国南方各省经验,丘陵地区格田面积一般为 $0.067\text{hm}^2 \sim 0.2\text{hm}^2$,宽 $20\text{m} \sim 30\text{m}$,长 $60\text{m} \sim 80\text{m}$;平原地区格田面积一般为 $0.2\text{hm}^2 \sim 0.33\text{hm}^2$,宽 $25\text{m} \sim 30\text{m}$,长约 100m 。上、下格田的高差不宜过大,否则,不利于农机下田操作。为适应地形条件,格田长边往往沿等高线布置,以利于灌排;同时,每块格田设单独的进排水口,以防串灌串排。

17.8 田间道路与林带

17.8.1 田间道路是农田基本建设的重要组成部分,关系到农业生产、交通运输、农民生活和实现农业机械化等各方面的需要。路、渠、沟的结合形式,应有利于灌排、机耕、运输和田间管理,且不影响田间作物光照条件,并能节约土地,减少平整土地和修建田间渠系建筑物的工程量。常见形式有“沟—渠—路”、“路—沟—渠”和“沟—路—渠”三种。“沟—渠—路”是将道路布置在田块上端,位于灌溉渠道的一侧,这对农机下田耕作有利,且有扩宽余地,可兼作管理道路,但道路跨过下级渠道需修建桥梁,路面起伏较大。“路—沟—渠”是道路布置在田块下端,位于排水沟一侧,路面较平坦,便于农机下田和运输,但与下级排水沟相交需修建桥梁等交叉建筑物,如孔径不足,影响排水,且雨季田块和道路易积水或受淹。“沟—路—渠”是将道路布置在灌水田块下端,介于渠道和排水沟之间,便于渠沟维修管理,但农机下田必须跨越渠沟,需修建较多的桥梁,且今后扩宽道路也有困难。以上三种结合形式,应根据各地区具体情况进行具体分析确定。

17.8.3 根据灌区调查资料,多数灌区通常在斗渠、农渠及田间生产道路两侧或一侧植树 1 行~2 行。在田间生产道路两侧植树时,应对每个田块留 8m~10m 缺口,以便农机下田。若在道路一侧植树,当林带为南北向时,应在西侧植树;当林带为东西向时,应在南侧植树,这样可减少了对作物生长的影响。

18 监 测

18.2 工程安全监测

18.2.1~18.2.3 水源工程及渠系建筑物种类繁多,其各自适用条件、功能、运行条件及要求不同,各监测项目、监测断面以及监测点的布设、监测方法、监测频次及要求亦不同,应根据建筑物的具体情况和特点,设置必要的监测项目、监测设施和监测制度。

18.3 水量、水质监测

18.3.1 灌溉水量监测是灌区实施实时监测与监督管理的一项十分重要的内容,通过水量监测,及时掌握灌溉用水需求、供水实时状况,实现对灌区水资源的合理化调配。灌溉水量监测应符合国家现行有关标准的规定。

18.3.2 为防止土壤、地下水和农产品污染,国家制定了灌溉水质强制性标准,灌溉水质监测是对灌溉水质达标情况进行监督管理的重要手段。因此灌溉水质监测应符合国家现行有关标准的规定。

18.4 环境 监测

18.4.1~18.4.4 灌区灌排工程是一个复杂的系统工程。由于地理位置、水文气象、土壤作物等条件的不同,各灌区工程对环境的影响不尽相同。对环境影响较大的灌区工程,需编制环境监测报告;对环境影响较小的灌区工程,可不编制环境监测报告,或只针对个别较突出的影响项目,编制环境监测报告。本节规定了环境监测网布置、设置监测项目的要求。环境监测是灌区工程中一项十分重要的工作,通过环境监测,可及时了解 and 预测因兴建灌区工程所引起的环境动态变化,以便及早采取措施,防范不利的环境问题。

18.5 水土保持监测

18.5.1~18.5.6 开发建设项目水土保持监测是对各类开发建设项目实施实时监测与监督管理的一项重要内容。通过对项目区水土流失情况的监测,检验开发建设项目的水土流失预测成果以及建设过程中水土流失是否得到有效控制,是否达到水土保持方案提出的目标和国家规定的标准;及时了解水土流失的动态变化情况,判断项目水土保持防护工程技术合理性;为建设单位和监管部门提供实时信息,发现突发的水土流失并及时提供对策,同时,也为建设项目水土保持达标验收提供科学依据;开发建设项目水土保持监测是项目进行后评价的重要手段。因此水土保持监测应符合国家现行有关标准的规定。

19 灌区信息化

19.1 一般规定

19.1.1 20000hm²以下灌区宜根据灌区具体特点,适当简化信息化系统设计。

19.1.2 灌溉工程设施分布范围广、类型多样,对当地社会、经济有较大影响,应用先进的自动控制技术、计算机技术和现代通信技术进行设计是必要的。灌区信息化是提高灌区工程安全保障、合理和高效运行的重要手段,也是灌溉与排水工程实现管理现代化的重要途径;通过对灌区运行各类信息的综合采集、存储、处理和应用,可全面、动态、及时地了解灌区工情、水情、雨情、墒情、水质、气象、农作物及当地社情,以及用水需求和供水实时状况,可实现对灌区各主要水利设施运行的监测、监控和调度;便于实现灌区防洪调度可靠预警和快速决策,实现对灌区水资源的合理化调配。

19.1.4 灌区管理信息中心是整个灌区运行的管理、监控中心,也是灌区信息化建设的核心内容,其设置和具备完善功能是必要的。信息化设备、实施的日常管理、维护可根据灌区的具体管理机构设置和职能,由管理信息中心或由分中心(管理所)负责。

19.2 监测及控制

19.2.1 灌区各主要信息的自动采集、监测是灌区信息化的构成部分和基础。信息化系统所需信息以满足灌区运行调度和相关应用、决策要求为前提,是在灌区各类水利设施的监测、保护布设站点的基础上,选取主要的、可实现自动采集的信息,进行信息化监测。

19.2.2 对控制对象的监控方式应因地制宜,选取合适的控制方

式和信息化设备配置方案,力求便于现地和远方操作、控制和接口通信。

19.3 通信通道

19.3.1~19.3.3 各监控点经技术经济比较,结合施工条件,可自建专网或选用超短波、无线以太网、卫星及移动公网等无线方式。

19.4 信息平台建设

19.4.1、19.4.2 为了满足数据交换容量、多业务需求,同时考虑与办公自动化、对外信息发布以及上级部门和数据交换的需要,灌区集控层配备较为先进的硬件设备是必要的。

根据灌区的灌溉规模和重要程度,对灌区管理信息中心的主要设备及通信网络平台进行配置,选用双冗余、高带宽、工业级、高性能和专业级的各类硬件设备,可加强可靠性和先进性,对软件系统选用合适的数据库管理、操作系统、应用软件及专业化、模块化的防洪调度及水调度模型及其高级应用软件等,并进行有针对性的二次开发、使软件功能合理、界面友好和功能完备。考虑不同的功能房间和人员配备,以满足全灌区集中监控、运行值守、日常管理和会商决策的需要。

19.4.3 为了便于数据共享、实现无缝对接和功能扩充,需要配置具有针对性、稳定性、先进性、模块化、组态化的信息化系统软件。

19.5 办公自动化及语音通信

19.5.1、19.5.2 办公自动化及其综合布线是灌区信息化的业务延伸,是满足信息资源管理与共享要求,方便日常办公,实现办公的自动化和无纸化。

19.5.3 大多数灌区当前均采用市话实现生产和行政通信。对于建立了专用光纤综合传输网络的灌区,宜配备相应的语音通信设备及其接入设备,可实现灌区生产调度通信和行政通信等功能。

灌区可根据具体情况和防汛抗旱需要,配备应急通信设备,主要包括移动公网通信终端设备、对讲机、车载电话和卫星电话等。

19.6 设备用房及功能房间设置

19.6.1 大部分灌区处于平原地区,属于雷击高发区域,测站宜有良好的防雷措施,防止雷电对设备的破坏,测站选用专用接地装置时,接地电阻不宜大于 4Ω 。

19.6.2、19.6.3 管理信息中心、分中心、管理所用房应满足运行值班要求和设备用房及业务人员办公用房要求。管理信息中心、分中心、管理所设备用房应有良好的防雷措施,防止雷电对计算机及电源设备的破坏,中心、分中心、管理所选用共用接地装置时,接地电阻不宜大于 1Ω 。

20 管理设施

20.1 一般规定

20.1.1 原规范中的管理设施主要为生产生活用房、试验站和通信系统的设置,本次修编增加了交通设施、维护设施、安全设施等内容。

20.1.2~20.1.4 由于灌区所在区域的土地开发利用情况差异悬殊,工程管理范围、保护范围难以在规范中统一量化。本次修编依据相关规范,划定了护渠(沟)地宽度和工程的保护范围(见表 19 和表 20),同时可按照《水利水电工程项目建设用地指标》的规定执行。

表 19 护渠(沟)地宽度

渠(沟)级别	1	2,3	4,5
宽度(m)	5~15	2~10	0~5

表 20 保护范围宽度

渠(沟)级别	1	2,3	4,5
保护范围宽度(m)	20~100	10~50	5~20

20.2 交通设施

20.2.1、20.2.2 灌区交通设施包括灌区内交通路网和灌区渠(沟)系巡检道路。由于巡检道路造价在渠(沟)道造价中所占比例较高,在调查了我国多个灌区的实际运行情况和需求后,本标准明确提出了依渠(沟)道规模,配套相应标准的巡检道路。并对不同级别的渠(沟)道对应的路面宽度和路面类型进行了具体要求。

由于灌区渠(沟)系建筑物种类繁多,在有渡槽、隧洞、涵洞、跌

水、陡坡、倒虹吸等建筑物的渠段,渠(沟)道无法通车,因此建筑物进出口应设引道或回车场与附近交通路网连接,确保车辆能够到达重要的建筑物位置。

20.3 维护设施

20.3.1 灌区渠(沟)道大多有综合利用功能,据调查,我国很多灌区的骨干渠(沟)系兼有防洪和供水功能。综合考虑渠(沟)堤的重要程度和渠(沟)堤失事可能影响的范围大小,规范提出对于1级~3级的填方渠(沟)道,配套相应的防汛物资,储备防汛物资种类及数量可按照现行行业标准《防汛物资储备定额编制规程》SL 298 或现行有关规程。

20.3.2、20.3.3 为促进灌区工程运行管理标准的提高,除大力加强各项基础设施的建设外,还应重视维护设施的建设,这类设施包括引道、里程碑、界碑等,本次修编做了具体规定。

20.3.5 白蚁、鼠洞等动物洞穴是灌区渠(沟)堤的主要安全隐患,对于旧灌区改造设计,应对渠(沟)堤进行相应的探查,根据需要提出防治措施。

20.4 安全设施

20.4.2、20.4.3 这两条为强制性条文,必须严格执行。历年来,全国灌区输水渠道落水事故时有发生,必须从工程建设的源头采取有效的安全措施。本次修编专设此节内容,从渠道和建筑物的安全防护措施到救助措施提出了要求,设计中应引起重视。救生踏步设计应便于落水者逃生,并能防止非管理人员下渠。

20.5 试验站设施

20.5.1 灌区设置的试验站点可为灌区水资源的合理调度提供数据支持。我国灌溉试验站网建设正逐步完善,为避免重复建设,站点的设置应与省级重点试验站结合布置。

20.6 生产管理设施

20.6.1 随着经济社会的发展,提高灌区管理水平的要求越来越强烈。为迅速改变这种被动局面,必须加强灌区生产管理设施建设。本次修编从总体上规定了建设各类生产管理设施的基本原则。旨在促进管理单位搞好生产管理区建设,为逐步建立良性运行机制创造条件。

20.6.2 灌区生产管理设施建设,按其建筑性质和使用功能区分对各类设施列举了基本的建设项目。需要建设的其他特殊项目,可在设计中酌情考虑。

20.6.3 生产管理区建设场地的选择,提出了四个方面的选址要求。其中在第1项中强调位置适中,照顾工程全局,有利工程管理,方便职工生活是基本的核心要求,其他要求可作为补充条件,有条件时择优选择。

20.6.4 本次修订对各类生产管理设施的建筑面积做了具体规定。采用的各项综合指标,参照了现行行业标准《堤防工程管理设计规范》SL 171、《水库工程管理设计规范》SL 106 及《水闸设计规范》SL 265 的相关规定,并结合全国大型灌区管理设施调查的情况及管理单位的要求,经测算调整后拟定。

